UNIVERSITÉ D'ALGER

FACULTÉ DES SCIENCES D'ALGER

ANNÉE 1949 - N° 1

La Désinsectisation

par fumigation

avec vide préalable

THÈSE

pour

LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ D'ALGER

(Mention Sciences)

soutenue publiquement le 8 Avril 1949

PAR

LEPIGRE, André, Louis

Inspecteur de la Protection des Végétaux
Directeur de l'Insectarium d'Alger
Directeur technique des Stations de désinsectisation du Gouvernement Général de l'Algérie

Né le 2 Juillet 1902 à Paris (Seine)

MEMBRES DU JURY :

MM. GUNTZ ..... *Président*
VERAIN .....
HOLLANDE ..... } *Examinateurs*
PERROT .....

ALGER
IMPRIMERIES « LA TYPO-LITHO »
& JULES CARBONEL RÉUNIES
2, RUE DE NORMANDIE
1949

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542710_0062

UNIVERSITÉ D'ALGER

FACULTÉ DES SCIENCES D'ALGER

ANNÉE 1949 - N° 1

La Désinsectisation

par fumigation

avec vide préalable

THÈSE

pour

LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITE D'ALGER

(Mention Sciences)

soutenue publiquement le 8 Avril 1949

PAR

LEPIGRE, André, Louis

Inspecteur de la Protection des Végétaux
Directeur de l'Insectarium d'Alger
Directeur technique des Stations de désinsectisation du Gouvernement Général de l'Algérie

Né le 2 Juillet 1902 à Paris (Seine)

MEMBRES DU JURY :

MM. GUNTZ ..... *Président*
VERAIN ..... *Examinateurs*
HOLLANDE .....
PERROT .....

ALGER
IMPRIMERIES « LA TYPO-LITHO »
& JULES CARBONEL RÉUNIES
2, RUE DE NORMANDIE
1949

UNIVERSITÉ D'ALGER

FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen	MM.	ROYER.
Assesseur		ROLLET.
Secrétaire		SEGOND.

PROFESSEURS

Mathématiques	BOURRION.
Mécanique rationnelle	DE POSSEL.
Astronomie et Astrophysique	MEYER.
Physique générale	WOLFERS.
Physique théorique	HENRIOT.
Physique industrielle	N...
Chimie générale	ROLLET.
Chimie appliquée	GUNTZ.
Biologie générale et appliquée	ROSE.
Botanique générale et appliquée	MAIRE.
Botanique agricole et expérimentale	KILLIAN.
Géologie	TERMIER.
Minéralogie et Cristallographie	ROYER.
Zoologie générale	BERNARD.
Géologie appliquée à l'agriculture et à l'industrie.	DALLONI.

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Mathématiques générales	MM.	DUGUÉ.
Chimie		BERLANDE.
Chimie générale	Mlle	PEYTRAL.
Botanique agricole	MM.	FELDMANN.
Géologie et Paléontologie		LAFFITTE.
Zoologie générale		HOLLANDE.

MAITRES DE CONFERENCES

Mathématiques générales (C. d. f.)	MM.	MEYNIEUX.
Physique M. P. C.		SAVORNIN.
Physique		BLANC-LAPIERRE.
Physique (délégué dans les fonctions)		PERROT.

MAITRES DE CONFERENCES-ADJOINTS

Chimie appliquée	MM.	SIROT.
Botanique	Mme	GAUTHIER.

HONORARIAT

MM.	ROUYER	Professeur et Doyen.
	CARRUS	Professeur.
	DARMOIS	Professeur.
	FOIX	Professeur.
	SAVORNIN	Professeur.
	SEURAT	Professeur.
	VÉRAIN	Professeur.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

La Désinsectisation
par fumigation
avec vide préalable
(Vacuum Fumigation)

Station de l'oasis saharienne de **Djamâa.**

Les installations les plus modernes peuvent être réalisées avec goût, sans déparer les points de vue pittoresques. (Architecte : M. Joffraud).

Je dédie cette thèse

à GENEVIEVE LEPIGRE,

ma femme,

En témoignage de tendre reconnaissance.

A MON PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur GUNTZ

Professeur de Chimie Appliquée

Pour ses conseils précis et toujours efficaces, je lui exprime mes sentiments de profonde gratitude.

A MES JUGES

Monsieur le Professeur VERAIN

Professeur Honoraire de Physique Industrielle

Depuis vingts ans, sa porte nous fut ouverte et sa haute compétence nous tira bien des fois d'embarras. Je suis heureux de l'assurer de ma profonde reconnaissance et de ma très vive affection.

Monsieur le Professeur HOLLANDE

Professeur de Zoologie Générale

Que je remercie d'avoir bien voulu accepter de siéger dans mon jury.

Monsieur le Professeur PERROT

Maitre de Conférences de Physique

Qui sut si vite et si bien nous témoigner l'intérêt qu'il prenait à une question qui nous est chère.

SOMMAIRE

Préface 1
Avant-Propos 5
Introduction 9

Chapitre premier. — Principes généraux.

Désinsectisation à pression atmosphérique ou désinsectisation avec vide préalable 17
Désinsectisation à pression atmosphérique 17
Désinsectisation avec vide préalable 23
Action du vide sur les insectes 26
Techniques de vide 28
Remontées de vide en fin d'introduction 34
Homogénéisation et mode d'introduction des gaz 35
Introductions successives 36
Introductions successives avec brassage 37
Introductions combinées 38
Introductions simultanées 39
Introductions simultanées, suivies de l'élimination de l'air résiduel 41
Méthode élémentaire 43
Rôle mécanique de l'anhydride carbonique 45
Méthode complémentaire de sécurité 46
Comparaison entre les diverses techniques de vide 47
Facteurs d'efficacité de la désinsectisation 50
Humidité, température 50
Importance de la constitution physico-chimique des marchandises 55
Influence du coefficient de remplissage des autoclaves... 60
Détermination du vide initial en fonction de l'habitat des insectes 62
Importance de la nature des emballages 63
Nécessité des contrôles d'efficacité 70
Fumigants employés en **DVP** 72
Le gaz carbonique en **DVP** 78
Accroissement de la toxicité des fumigants 79
Rôle anticomburant 85
Présentation commerciale et conditions pratiques d'emploi 87
Modes d'action des fumigants 89
Désorption de fumigants par les marchandises 94

Chapitre II. — Matériel 97
Stations fixes 97
Autoclaves et accessoires 101
Autoclaves et appareils de contrôle 101
Surveillance et entretien 124
Matériel de gonflage des joints 127
Surveillance et entretien 127
Matériel de pompage et accessoires 128
Pompes à vide 128
Surveillance et entretien 133
Moteurs 136
Appareils générateurs de fumigants et accessoires 137
Chauffe-eau 137
Vaporiseurs d'anhydride carbonique 138
Surveillance et entretien 141
Gazomètre d'anhydride carbonique 144
Vaporiseur d'oxyde d'éthylène ou de bromure de méthyle .. 148
Surveillance et entretien 151
Colonne de neutralisation 153
Gazomètre d'oxyde d'éthylène ou de bromure de méthyle. 155
Surveillance et entretien 156
Mélangeur-doseur de gaz 159
Surveillance et entretien 160
Générateur d'acide cyanhydrique 160
Surveillance et entretien 164
Vaporiseur pour fumigants liquides aux températures ordinaires 164
Alimentation en eau de l'appareillage 167
Tuyauterie, robinetterie 168
Surveillance et entretien 170
Tableau des commandes 171
Appareils de manutention 173
Réchauffage des marchandises 177
Matériel de récupération des fumigants 181
Stations mobiles 185
Stations monobloc transportables 191
Stations expérimentales ou stations-pilotes 194

Chapitre III. — Aménagement général des stations fixes. 199
Principes généraux 199
Stations en rez-de-chaussée 213
Halls 213
Salle des pompes et salle des générateurs 217
Dépôt des bouteilles 223
Atelier 223
Chaufferie 224
Bureaux 224
Vestiaire, Douches, W.-C. 225
Ventilation des locaux et détection 226
Magasin de stockage 231

Types divers de stations en rez-de-chaussée 233
Stations à réseaux courbes 234
Stations à réseaux droits 234
Stations à un étage 238
Disposition générale 238
Rez-de-chaussée 243
Etage 244

Chapitre IV. — Méthodes de traitement 247
Fruits secs, légumes séchés, céréales de consommation, biscuiterie, confiserie, chocolats, viande séchée, fromages.
Traitement rapide 250
Traitement de nuit 251
Bananes séchées ou fumées, de consistance souple.
Traitement rapide 251
Traitement de nuit 251
Produits contenant une forte proportion de matières grasses.
Traitement rapide 252
Traitement de nuit 252
Arachides 252
Tabacs en manoques ou manufacturés.
Traitement rapide 253
Traitement de nuit 253
Légumes secs de consommation.
Traitement rapide 255
Traitement de nuit 256
Légumes secs à destination incertaine 256
Semences.
Traitement rapide 256
Bromure de méthyle 257
Acide cyanhydrique 257
Traitement de nuit 257
Bromure de méthyle 258
Acide cyanhydrique 258
Pâtes alimentaires 259
Farine, semoule.
Bromure de méthyle 260
Traitement rapide 260
Traitement de nuit 260
Oxyde d'éthylène 260
Traitement rapide 260
Traitement de nuit 260
Pommes de terre 263
Graines de cotonnier, bois bruts ou ouvrés.
Bromure de méthyle 263
Traitement rapide 263
Traitement de nuit 263
Acide cyanhydrique 264
Traitement rapide 264
Traitement de nuit 265

Textiles (laine et crin animal exceptés).
Traitement rapide ... 266
Traitement de nuit ... 266
Laine, crin animal, cuirs et peaux.
Oxyde d'éthylène ... 266
Traitement rapide ... 266
Traitement de nuit ... 267
Acide cyanhydrique ... 267
Traitement rapide ... 267
Traitement de nuit ... 267
Tissus végétaux vivants.
Acide cyanhydrique ... 268
Bromure de méthyle ... 268
Fruits frais ... 269
Désinsectisation simultanée de produits divers ... 271

Chapitre V. — Recontamination éventuelle des marchandises traitées ... 273
Conclusion ... 277
Annexe. — Les fumigants ... 281
Bromure de méthyle ... 281
Caractères physiques et chimiques ... 281
Action sur les produits traités ... 282
Toxicité pour l'homme ... 283
Précautions d'emploi ... 286
Oxyde d'éthylène ... 287
Caractères physiques et chimiques ... 287
Action sur les produits traités ... 290
Valeur antiseptique ... 291
Toxicité pour l'homme ... 292
Acide cyanhydrique ... 293
Caractères physiques et chimiques ... 293
Modes d'obtention ... 295
Réaction de l'acide sulfurique sur un cyanure ... 296
Evaporation d'acide cyanhydrique liquide ... 301
Evaporation à partir d'imprégnés ... 301
Action sur les produits traités. Dosages ... 303
Toxicité pour l'homme ... 305
Ouvrages cités ... 307
Table des figures ... 311
Index alphabétique ... 313

AVANT-PROPOS

La lutte contre les insectes est incontestablement entrée maintenant dans une phase de plus en plus active. Le temps n'est plus où, devant leurs ravages, on se contentait de se couvrir les cheveux de cendres en invoquant la clémence céleste. La lutte, une lutte à mort, est engagée. Une organisation mondiale de chercheurs et de techniciens trouve, perfectionne et vulgarise les produits et les traitements les plus efficaces, les plus économiques, les mieux adaptés aux plus diverses circonstances. Incontestablement, malgré la prodigieuse puissance prolifique des insectes, ceux-ci se trouvent maintenant, dans la plupart des cas concrets qui se présentent, sinon exterminés, tout au moins réduits à un si petit nombre que la dîme encore prélevée ne mérite plus le nom de désastre ; elle devient souvent si négligeable qu'elle passe inaperçue.

La richesse de l'arsenal chimique et des méthodes dont dispose actuellement le technicien de l'Entomologie Appliquée est devenue considérable, mais elle évolue et s'accroît encore si rapidement qu'aucun spécialiste ne peut se flatter de posséder parfaitement le détail de toutes les questions de Phytopharmacie dont il a à connaître. Si en effet beaucoup de produits insecticides sont plus ou moins polyvalents, ils ne constituent pas cependant une panacée absolue dans tous les cas et pour tous les insectes. La préservation des végétaux dans les champs ou les forêts, la désinsectisation des plants, rhizomes, tubercules et bulbes, la conservation des stocks dans les magasins et les silos, la protection des minoteries, l'épouillage des vêtements, la destruction des commensaux de l'homme et de ses parasites hémophages, etc., représentent autant de problèmes qui requièrent, pour une base scientifique à peu près commune et en utilisant un arsenal commun, des méthodes qui diffèrent plus ou moins dans leurs applications et leurs précautions d'emploi.

Ainsi en est-il des fumigations de gaz insecticides que l'on peut répartir en deux grandes catégories : fumigations à pression atmosphérique, fumigations avec vide préalable.

Les premières, connues depuis bien des années déjà, sont nées le jour où l'on eut l'idée de faire brûler du soufre en atmosphère confinée. Elles restent aujourd'hui, en utilisant bien entendu d'autres produits, un procédé commode, assez fréquemment utilisé, présentant l'avantage du bon marché du matériel et de la simplicité des manipulations.

Les fumigations précédées de l'emploi du vide, qui procure l'avantage de réaliser très rapidement la pénétration des marchandises par les vapeurs insecticides et, par conséquent, de gagner du temps, exigent par contre un matériel beaucoup plus coûteux, des manipulations plus complexes, une instruction technique des opérateurs assez poussée.

En 1947, dans un ouvrage précédent (**TECHNIQUE DE LA DESINSECTISATION**), je formulais à ce sujet un regret : « La technique de la désinsectisation sous vide constitue un point très particulier, pour lequel on peut regretter qu'il n'existe encore qu'une documentation éparse et assez fragmentaire ».

La lacune était en effet gênante, non pas surtout peut-être pour le chercheur qui parvient toujours à se constituer tant bien que mal une documentation convenable et à jour, mais pour le praticien et le débutant ; ceux-ci se trouvaient absolument démunis d'une étude de base sous forme condensée, d'un point de départ solide vers des recherches et des perfectionnements de détail, d'une donnée à peu près complète enfin du problème tel qu'il se pose en fait et de ses solutions actuelles.

Cet appel a été entendu et compris par le **Centre National de la Recherche Agronomique ;** je le remercie de l'honneur qu'il m'a fait en me confiant le soin de « faire le point » d'une question dont j'ai commencé l'étude au triple point de vue théorique, technique et pratique dès 1929.

En même temps, l'Université d'**Alger,** représentée par MM. le Doyen **Royer** et les Professeurs **Guntz, Bernard, Perrot** et **Vérain,** voulait bien s'intéresser à la **DESINSECTISATION AVEC VIDE PREALABLE** et l'admettre comme thèse de Doctorat d'Université. Les Facultés des Sciences, de Médecine et de Pharmacie d'Alger sont d'ailleurs pour moi, depuis bien des années, les conseillères érudites et souriantes qui m'ont aidé à résoudre bien des problèmes délicats et nouveaux dans les ma-

tières les plus diverses. Ainsi ai-je fait maints et maints appels, pour la Faculté des Sciences, à MM. **Bernard,** Professeur de Zoologie générale, **Guillemonat,** Docteur et agrégé ès Sciences Physiques, **Vérain,** Professeur de Physique Industrielle ; pour la Faculté de Médecine et de Pharmacie, à MM. **Giberton,** Professeur de Chimie Biologique, **Grangaud,** Professeur agrégé de Chimie, **Monnet,** Professeur de Pharmacie, **Wunschendorf,** Professeur de Chimie générale et de Toxicologie.

Avec mon excellent ami, le Pharmacien Colonel **Bobier,** bien des questions épineuses ont été résolues grâce à son sens aigu du pratique, allié à ses multiples connaissances et à une rare ingéniosité.

Mon cher et vieux camarade **Roulleau,** Architecte DPLG, Sous-Ingénieur Principal au Gouvernement Général de l'Algérie, m'a toujours assisté, tant dans l'étude que dans les réalisations de projets, de sa haute compétence ainsi que de sa parfaite compréhension des multiples et souvent complexes problèmes que posent régulièrement les installations de nouvelles stations.

Mes nombreux collègues de l'étranger, qu'il m'est certes impossible de citer tous ici, se sont également montrés à mon égard d'une bonne grâce inépuisable en me fournissant, depuis vingt ans, une documentation remarquable par sa qualité et sa quantité. Je ne puis cependant taire les noms de **Back, Cotton, Mackie, Perez Simmons, Randall Latta, Sasscer,** Entomologistes du Département de l'Agriculture des U.S.A., de **Frickhinger** et **Gassner,** d'Allemagne, de **Page** et de **Lubbatti,** d'Angleterre, de **Gomez,** d'Espagne.

Et je n'aurai garde d'oublier M. **Le Goupils,** Ingénieur Civil de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, qui fit avec moi ses études d'Entomologiste, tandis que je faisais avec lui mon apprentissage d'Ingénieur mécanicien. C'est **Le Goupils,** rappelons-le, qui a découvert les propriétés insecticides du bromure de méthyle, aujourd'hui mondialement célèbre comme fumigant et auquel ses rares qualités assurent un avenir probablement durable en désinsectisation.

Qu'ils soient tous, ici, remerciés.

Alger, août 1949.

INTRODUCTION

La technique de la **Désinsectisation par fumigation avec vide préalable,** que nous désignerons dans le cours de ce travail par l'abréviation **DVP,** a pris naissance en Amérique [1] où les premiers essais de réalisation industrielle datent d'un peu avant la guerre de 1914, mais où ces méthodes n'ont pris de développement que vers 1920.

La **DVP** n'a pénétré en France que vers 1926, à la suite d'une étude de **Marchal** et **Vayssière** (1) publiée en 1925. Les premiers appareils installés en Europe ont probablement été des appareils de construction américaine montés en Orient pour le traitement des tabacs turcs et yougoslaves. La France a suivi cet exemple presque immédiatement en installant quelques stations dans son domaine nord-africain.

En ce qui concerne l'Ancien Continent, la France et l'Algérie ont pris actuellement la tête, et de loin, du mouvement. S'il faut mentionner quelques réalisations en Turquie, en Espagne, au Congo belge, au Liban, etc., réalisations exécutées pour la plupart, du reste, par des maisons françaises, la France métropolitaine avait, avant 1945, une avance marquée dans ce domaine avec les trois importantes stations du Havre, de Marseille, de Bordeaux. Elle possédait alors, par organisations tant administratives que privées, une quinzaine d'autoclaves représentant un cubage de 330 m^3 environ. La guerre, hélas ! a détruit les stations du Havre et de Marseille, mais celles-ci sont en voie de reconstruction. En Algérie, on ne compte pas moins, actuellement, de 15 stations, comportant 33 appareils de volumes différents et d'un cubage total de 500 m^3 environ. Ces chiffres doivent d'ailleurs être sous peu considérablement augmentés pour satisfaire aux besoins du commerce.

Les premières stations ont presque toujours été, dans tous les pays, des organes officiels exploités directement par l'Etat

(1) Les premiers essais datent de la période 1912/1915. Ils furent entrepris à peu près simultanément par **Hunter** (1912), **Sasscer** et **Hawkins** (1913), **Mackie** (1913) et **Hinds** (1915).

ou par de grandes entités administratives sous son contrôle : Ports autonomes, Chambres de Commerce, Colonies, etc... Les démonstrations ainsi faites ont ouvert les yeux des particuliers sur les avantages que peut leur offrir, dans certains cas, la possession d'une station bien à eux. Ainsi, au cours des quinze dernières années, des producteurs de dattes, des manufacturiers de tabac, des commerçants en légumes secs, en farines, des fabricants de pâtes alimentaires, ont tenu à faire bénéficier leurs industries d'installations de ce genre.

Les chiffres ci-dessous, qui témoignent de l'importance des réalisations, montrent d'ailleurs éloquemment la faveur croissante avec laquelle la méthode a été accueillie.

Stations de DVP installées par la France

Pour la période écoulée et à partir des premières réalisations (1930), les installations sont relevées par tranches de cinq années.

N : Nombre d'autoclaves en service.
V : Volume total de ces autoclaves.
(O) : Stations officielles.
(P) : Stations privées.

FRANCE.	1930 à 1934		1935 à 1939		1940 à 1944		1945 à 1948		Projets 1949 1950	
	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
Versailles (O)	1	4	1	4	1	4	1	4	..	..
Le Havre (O)	2	100	3	101	sinistrée		..	..	5	310
Bordeaux (O)	2	100	3	101	3	101	3	101	..	..
Antibes (O)	..	..	1	1	1	1	1	1	..	..
Pouillon (P)	1	13	2	31	2	31	2	31	..	..
Marseille (O)	3	80	4	81	sinistrée		..	.	4	280
Marseille (O)	..	..	..	..	..	..	2	12	..	..
Angers (P)	..	..	..	..	..	..	1	5	..	.
Paris (O)	..	..	..	..	1	2	1	2	.	..
Paris (O)	..	.	1	2	1	2	1	2	..	..
Paris (O)	..	..	1	1	1	1	1	1	.	.
Paris (P)	..	..	1	3	1	3	1	3	..	..
Paris (P)	..	..	..	..	1	7	1	7	..	..
Isles-sur-Sorgues (P)	..	..	..	..	1	3	1	3	..	..
Bayonne (P)	..	.	..	..	..	..	1	5	..	..
Valenciennes (P)	..	..	..	..	..	..	1	10	..	..
Provins (P)	..	..	..	..	..	.	..	..	1	10

	1930 à 1934		1935 à 1939		1940 à 1944		1945 à 1948		Projets 1949 1950	
	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
ALGERIE.										
Alger (O)	1	1	1	1	1	1	1	1	..	..
Alger (O)	4	37	5	87	5	87	6	157	..	..
Alger (P)	1	3	4	10	4	10	4	10	..	..
Alger (P)	..	..	..	..	..	..	..	..	1	5
Alger (P)	..	..	..	..	1	7	1	7	..	..
Oran (O)	2	12	2	12	2	12	2	12	4	77
Oran (P)	.	..	2	5	2	5	2	5	..	..
Blida (P)	..	..	1	4	1	4	1	4	..	..
Bougie (O)	2	10	4	80	4	80	4	80	..	..
Philippeville (O)	3	17	4	67	4	67	4	67	..	..
Bône (O)	..	.	3	17	3	17	3	17	.	..
Bône (P)	..	..	1	70	1	70	1	70	..	.
Biskra (O)	1	10	1	10	1	10	1	10	3	300
M'Raier (O)	..	..	1	7	1	7	1	7	..	..
Djamaâ (O)	..	..	1	21	1	21	1	21	..	..
Touggourt (O)	..	..	1	22	1	22	1	22	.	.
MAROC.										
Casablanca (O)	5	121	7	221	7	221	7	221	..	..
Port-Lyautey (O)	3	27	3	27	3	27	3	27	..	..
TUNISIE.										
Djebel-Djelloud (P)	..		1	4	1	4	1	4	..	..
Tunis (P)	.	..	..	..	2	26	2	26	..	..
Kebili (P)	1	3	1	3	1	3	2	8	..	..
Tozeur (P)	..	.	..	..	..	..	1	5	..	..
Sfax (P)	..	..	..	..	1	22	1	22	.	..
Sfax (P)	..	.	.	..		..	1	7	..	..
A.O.F.										
Dakar (O)	..	..	.	..	..	..	..	..	4	100
Kaolack (O)	..	..	..	.	.	.	..	..	4	80
Conakry (O)	..	..	..	.		.	.	.	3	71
Conakry (P)	.	..	.	..	.	.	1	3	.	..
M'Bambey (O)	.	.	1	4	1	4	1	4	..	..
Bingerville (P)	.	..	..	.	.	..	..	..	1	6
Sassandra (P)	..	.	.	.	..	..	1	25	..	..
Abidjan (O)	..	..	.	..	.	..	..	.	4	80
Abidjan (P)	..	..	..	..	.	..	1	6	..	..
Lomé (O)	..	.	.	..	..	.	..	.	4	80
Cotonou (O)	.	.	.	..	.	.	.	.	4	80
Richard-Toll (P)	..	..	.	..	.	.	.	..	2	100
A.E.F.										
Pointe-Noire (O)	.	..	..	..	..	..	..	..	4	100
Douala (O)	.	..	..	..	..	..	..	..	4	100
MARTINIQUE.										
Fort-de-France (O)	1	7	1	7	1	7	1	7	2	27
GUADELOUPE.										
Pointe-à-Pitre (O)	..	.	..	..	..	..	..	..	1	20

	1930 à 1934		1935 à 1939		1940 à 1944		1945 à 1948		Projets 1949 1950	
	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
MADAGASCAR.										
Tuléar (?) (O)	..	..	..	..	..	..	..	..	4	80
Morondava (?) (O)	..	..	..	..	..	..	..	..	4	80
LA REUNION.										
Saint-Denis (O)	..	..	..	..	..	..	..	..	1	20
INDOCHINE.										
Saïgon	..	..	..	..	..	..	..	..	5	151
ESPAGNE.										
Burjasot (O)	1	4	1	4	1	4	1	4	..	..
Irun (O)	..	..	1	7	1	7	1	7	..	..
BELGIQUE.										
Gembloux (O)	..	..	1	1	1	1	1	1	..	..
CONGO BELGE.										
Bambesa (O)	1	4	1	4	1	4	1	4	..	..
INDES NEERLANDAISES.										
Java (P)	..	..	1	4	1	4	1	4	..	..
U.R.S.S.										
Moscou (O)	..	..	1	2	1	2	1	2	..	..
SYRIE.										
Beyrouth (O)	..	..	..	..	..	..	1	22	..	..
Beyrouth (P)	..	..	1	3	1	3	1	3	..	..
TURQUIE.										
Mersine (O)	1	50	1	50	1	50	1	50	..	..
ITALIE.										
Cosenza (P)	..	..	..	..	..	.	..	..	1	5

Les applications de la **DVP** lui permettent d'assumer deux fonctions principales.

L'une de celles-ci consiste dans la protection phytosanitaire, internationale ou, dans un même pays, locale, de région à région. C'est dire qu'en sont justiciables les plants, boutures, fruits, graines, fleurs coupées, oignons à fleurs, tubercules, etc., tous organes végétaux vivants enfin, susceptibles de véhiculer un parasite dangereux d'un pays infesté dans un autre encore indemne.

L'autre fonction, représentant d'ailleurs le plus fort tonnage de produits traités, est d'ordre technologique. On peut affirmer que toutes les denrées végétales, et une bonne partie des produits d'origine animale qui ne sont pas stockés parfaitement sains dans des récipients rigoureusement étanches, et que l'on peut avoir à conserver un certain temps en magasin entre production et consommation, exigent, avec plus ou moins d'urgence, d'être traités.

Les progrès de la technique ont d'abord été lents et hasardeux (2). Mais, au cours de ces dernières années, ils ont été tels qu'on peut trouver, quel que soit le problème posé, dans l'arsenal des produits insecticides volatils dont elle dispose, celui qui est propre à assurer dans les meilleures conditions la destruction de l'espèce ou des espèces redoutées, sans la moindre altération des marchandises. Aucun insecticide en effet n'est susceptible d'application omnibus et, quoique certains de ces produits aient une gamme d'utilisation très étendue, il y a toujours lieu de faire un choix, non seulement afin d'obtenir l'efficacité maxima, mais aussi pour éviter l'action possible de la substance employée sur les marchandises traitées.

Il convient de signaler que, dans de nombreux cas où la stérilisation thermique semblerait, à première vue, devoir donner une solution simple, satisfaisante et économique du problème de la désinsectisation, une analyse plus serrée fait ressortir, en fin de compte, un avantage plus ou moins marqué en faveur des fumigations. En effet, les traitements thermiques s'accompagnent toujours d'une certaine dessication des marchandises, cette dessication étant du reste une des conditions de l'efficacité. La quantité d'eau évaporée représente une perte de poids qui a son importance lorsque la marchandise est vendue sans facteur de correction relatif à la teneur en eau. C'est ainsi qu'aux Etats-Unis, où la désinsectisation des grains se pratique sur une vaste échelle, les traitements thermiques n'ont pas réussi à se développer commercialement : les producteurs considèrent la diminution de recettes

(2) The progress made in the industrial development of vacuum fumigation, particularly in its early stages, has been largely through the « valor of ignorance ». (**Mackie,** 43).

ainsi provoquée comme très supérieure à la dépense en produits insecticides entraînée par la fumigation, qui laisse, elle, le poids de la marchandise intact.

Parmi les progrès les plus marqués, enregistrés depuis une quinzaine d'années dans la technique de la **DVP,** il faut noter le perfectionnement des méthodes d'introduction du gaz toxique ; cette amélioration est consécutive à toute une série d'études dont beaucoup furent faites en Algérie et qui ont permis d'analyser d'une manière précise les conditions physiques, chimiques et physico-chimiques influant sur la pénétration de ces vapeurs toxiques dans les marchandises (et par suite sur leur efficacité), non pas au laboratoire et « in vitro », mais dans les conditions mêmes de la pratique, en présence d'un grand excès de marchandise.

On a ainsi été amené à réviser nombre de conceptions, où l'expérimentation sérieuse n'avait que peu de part, sur une prétendue « adsorption » des gaz toxiques par des denrées telles que les pommes de terre, sur l'excitation respiratoire que certains produits (l'anhydride carbonique étant bien entendu hors de cause), provoqueraient chez les insectes, etc. A la vérité, la plupart des insuccès ou des irrégularités constatés dans les résultats doivent être généralement mis sur le compte d'une technique insuffisamment étudiée de répartition et d'homogénéisation des vapeurs insecticides dans l'enceinte et les masses à traiter, et cela aussi bien dans les opérations de traitement à pression atmosphérique que dans celles comportant l'emploi du vide.

Les résultats de la mise au point ainsi réalisée se sont concrétisés assez rapidement pour que le public des producteurs agricoles, des fabricants, des commerçants, d'abord assez réticent, se laisse finalement convaincre. Le tableau ci-dessus montre qu'à côté des nombreuses stations officielles, existe maintenant un noyau non négligeable d'installations privées (nous les avons signalées par la lettre (P), la lettre (O) indiquant les stations officielles).

Mais, pour parvenir à ce résultat, que de volonté et de temps ont dû dépenser les deux animateurs du début, mon excellent collègue **Paul Vayssière** en France, mon regretté chef et ami **Marcel Delassus** en Algérie. L'impulsion est heu-

reusement, aujourd'hui, donnée et bien donnée ; c'est la plus belle récompense de leurs efforts passés.

Examinons seulement le programme des réalisations prévues en Algérie pour la période 1949-50, celui par exemple de la station de Biskra. Celle-ci, exploitée par l'Administration, comporte actuellement un seul autoclave de 11 m^3 ; le Syndicat des Producteurs de dattes, constatant son utilité, a demandé une augmentation de son rendement telle que le volume total des nouveaux autoclaves va devoir dépasser 300 m^3, permettant de traiter quotidiennement 400 tonnes, soit 40 wagons. Ceux-ci seront, dans la plupart des cas, traités sans être déchargés : grosse économie de main-d'œuvre et de temps.

En France, les stations du Havre et de Marseille, détruites par les bombardements, vont renaître de leurs cendres, plus puissantes, plus modernes et mieux agencées grâce à l'expérience acquise.

Car il ne suffit pas, en ce domaine, de connaissances théoriques. Celles-ci sont intimement et constamment liées aux conditions pratiques ; la notion du « possible » sera toujours le meilleur guide dans ces installations qui tiennent autant de l'atelier d'usine que du laboratoire.

Pour un bon technicien de la **DVP,** sont indispensables en effet, sinon des connaissances approfondies, du moins des notions assez sérieuses en biologie, biochimie, chimie minérale et organique, en physique et, bien entendu aussi, en mécanique, plomberie, électricité et architecture. Il ne pourra établir un programme que compte tenu des conditions locales du commerce et des transports. C'est dire, étant donnée la diversité de ces connaissances, qu'il aura fréquemment à faire appel à des théoriciens et à des techniciens plus étroitement spécialisés.

Signalons qu'une nouvelle utilisation du matériel et de la méthode pourrait fort bien apparaître d'ici quelques années. Mme **Rostitzine** (2) découvrait, dès mai 1933, les propriétés antiseptiques de l'oxyde d'éthylène, confirmées en 1942 par **Velu, Lepigre** et **Bellocq** (3, 4). L'oxyde de propylène partage ces propriétés (5), comme nous nous en sommes récem-

ment assurés avec MM. le Professeur **Béguet,** de l'Institut Pasteur d'Alger, et le Pharmacien-Colonel **Bobier,** ex-Directeur de la Pharmacie Centrale Militaire de l'Algérie. Rien ne semble s'opposer, sinon une inflammabilité qu'il est d'ailleurs possible de supprimer, à l'emploi de ces substances pour la désinfection proprement dite d'objets ou de produits qui ne peuvent supporter impunément, ni le traitement thermique, ni l'action des liquides antiseptiques.

CHAPITRE I

PRINCIPES GÉNÉRAUX

Désinsectisation à pression atmosphérique ou désinsectisation avec vide préalable ?

Les cas concrets qui se présentent dans la pratique mettent souvent les intéressés dans l'obligation de choisir entre ces deux méthodes. Faut-il systématiquement donner la préférence à la première ou à la seconde ? Certes non. Chacune a ses qualités et ses inconvénients ; seule la parfaite connaissance des unes et des autres peut permettre d'adopter, en définitive, la solution la plus profitable. Nous allons donc rappeler tout d'abord les caractéristiques particulières des deux techniques.

Désinsectisation à pression atmosphérique

Des installations types ont été assez fréquemment décrites et figurées [(6) à (14)] pour qu'il soit inutile d'y insister.

Rappelons seulement que les chambres doivent être aussi étanches que possible, et construites ou enduites intérieurement avec un matériau à capacité de sorption très faible ; qu'il est en outre indispensable de les pourvoir de dispositifs destinés à homogénéiser l'atmosphère pendant le traitement et à évacuer l'atmosphère toxique à la fin de ce dernier.

Dans la réalisation de telles chambres, le constructeur peut donner libre cours à ses idées personnelles, à condition qu'il respecte ces quelques règles élémentaires, qui doivent éviter les fuites de fumigant ou son absorption par les parois, la stratification des gaz, lorsque ceux-ci ont une densité diffé-

rente de celle de l'air, les dangers d'intoxication pour les ouvriers enfin, lorsque ceux-ci procèdent au déchargement des marchandises traitées.

Cette méthode est caractérisée par sa **lenteur.**

A moins en effet qu'on ait à traiter des plants de pépinières par exemple, dont l'emballage permet une accession facile aux courants gazeux, on a affaire le plus souvent à des marchandises en sacs, en caisses, en corbeilles, dans lesquelles la pénétration d'un mélange à concentration insecticide suffisante n'est guère rapide, même avec l'aide d'un puissant ventilateur hélicoïde à centre plein. Au delà d'une faible épaisseur, le mélange de l'air extérieur chargé de fumigant avec l'air interne encore pur n'est plus favorisé par l'action mécanique du ventilateur ; il ne peut plus l'être que par des phénomènes de diffusion simple. Or, ceux-ci sont eux-mêmes plus ou moins actifs selon les densités des gaz ou mélanges gazeux en présence, la température, etc...

La diffusion présentant une importance majeure en désinsectisation, certains points doivent être précisés.

Par **diffusion** d'un gaz dans un autre ou, d'une façon générale, dans un espace vide ou empli d'une substance solide à structure granulaire ou poreuse, on définit la tendance de ce gaz à se répandre plus ou moins rapidement dans l'espace considéré, jusqu'à ce que la concentration dudit gaz dans toutes les régions de cet espace soit la même, et cela par la seule action de la vitesse individuelle des molécules constitutives du gaz, sans aucune considération des vitesses d'ensemble d'un groupe plus ou moins important de molécules (courants de convection, etc).

Soient deux cages contenant, l'une des hirondelles, l'autre des moineaux, les uns et les autres voltigeant constamment en tous sens. Supposons qu'on établisse une communication entre les deux cages. Au cours de leur vol **désordonné,** un certain nombre d'hirondelles trouvent par hasard la communication et passent dans la cage à moineaux ; là, elles se heurtent à ces derniers, et se répartissent peu à peu de façon homogène. Les moineaux agissent de même dans la cage à hirondelles.

C'est là le phénomène de diffusion.

Le nombre d'hirondelles qui, par minute, rencontre le trou de communication et passe dans la cage à moineaux, dépend, d'une part, du nombre d'hirondelles par unité de volume (remplaçons les oiseaux par des molécules : c'est la pression du gaz) et, d'autre part, de la vitesse moyenne du vol. Pour les molécules de gaz différents, la « vitesse du vol » est d'autant plus grande que la densité d'un gaz considéré est plus faible (à une température donnée, la force vive des molécules de tous les gaz parfaits est la même). Comme la force vive, ou énergie cinétique, est donnée pour une masse en mouvement par l'expression $\frac{m\ v^2}{2}$ où **m** est la masse du corps en mouvement et **v** sa vitesse, il en résulte que, pour une température donnée, la vitesse des molécules est en moyenne inversement proportionnelle à la racine carrée de la masse des molécules, c'est-à-dire de la densité du gaz considéré.

La vitesse de diffusion d'un gaz est donc une propriété de ce gaz, et l'on ne doit pas considérer l'indice de diffusion d'un gaz dans un autre. Ainsi, l'hydrogène diffuse plus vite que l'oxygène, que ce soit dans l'hélium ou dans des vapeurs de brome. Si l'on fait communiquer la cage à hirondelles avec la cage à moineaux — un récipient plein d'hydrogène avec un récipient plein d'oxygène, — il passera au début plus d'hirondelles dans la cage à moineaux que de moineaux dans la cage à hirondelles, et **la pression s'élèvera** (nombre d'oiseaux par m^3) dans la cage à moineaux, tandis qu'elle baissera dans la cage à hirondelles. Bien entendu, l'élévation de pression dans la cage à moineaux va accélérer le passage des moineaux dans la cage à hirondelles, si bien qu'à la fin s'établira partout une répartition homogène. Mais, au début, il y aura eu déséquilibre dans le sens indiqué.

La diffusion l'un dans l'autre de deux gaz ayant 4 comme densité se fera donc deux fois moins vite que la diffusion l'un dans l'autre de deux gaz ayant une densité de 1.

On dit souvent que le sulfure de carbone « pénètre » mieux que l'acide cyanhydrique parce qu'il est plus lourd. On ne fait alors allusion qu'au seul déplacement par gravité, phénomène comparable à l'expulsion de l'air d'une masse de sable sur laquelle on verse de l'eau : il est clair que si on versait sur

le sable, au lieu d'eau, un fluide ayant la densité de l'air, on n'observerait pas ce déplacement gravimétrique.

Quand on dit encore que l'oxyde d'éthylène « diffuse mal » dans un milieu saturé d'anhydride carbonique, on met en avant deux phénomènes distincts :

1° Un phénomène gravimétrique, puisque l'oxyde d'éthylène introduit dans un milieu de même densité reste concentré autour du point d'injection et n'a pas tendance à faire tache d'huile, à s'étaler en nappes horizontales qui favoriseraient, par la grande surface de contact entre les deux gaz, les phénomènes de diffusion vraie.

2° Si la diffusion de l'oxyde d'éthylène vers l'anhydride est la même que vers l'air, la vitesse de diffusion de l'air vers l'oxyde d'éthylène aurait été plus grande que la vitesse de diffusion de l'anhydride vers le même gaz. Or, la **vitesse de mélange de deux gaz** A et B est influencée à la fois par la vitesse de diffusion de A vers B et par la vitesse de diffusion de B vers A.

Rappelons nos souvenirs classiques, et souvenons-nous des déséquilibres de pression osmotique entre deux liquides de composition différente ; il s'agit là encore de phénomènes de diffusion : les molécules de substances dissoutes dans l'eau se comportent à ce point de vue exactement comme les molécules d'un gaz, à cela près que les coefficients ne sont pas les mêmes Si l'on place brusquement un colis peu perméable — une balle de coton pressé par exemple — dans une atmosphère de vapeurs de bromure de méthyle, on voit instantanément la pression baisser, dans une certaine proportion, à l'intérieur de la balle ; c'est que l'air sort de la balle plus vite que les molécules de bromure n'y pénètrent. Le phénomène serait inverse pour une balle plongée dans l'acide cyanhydrique, mais très peu apparent à cause de la faible différence des densités.

Ce n'est pas la présence de bromure de méthyle autour de la balle qui en fait sortir l'air : ce mouvement de migration des molécules d'azote et d'oxygène composant l'air a lieu constamment, même quand l'atmosphère ambiante est de l'air. En d'autres termes, un gaz diffuse sans cesse dans lui-même. Mais, à chaque instant, le volume d'air sortant de la balle

est rigoureusement compensé par l'afflux d'un volume égal d'air vers l'intérieur de la balle. S'il existe des fluctuations, elles sont extrêmement faibles et infiniment au-dessous de la précision des moyens de mesure les plus sensibles qu'on puisse imaginer.

Le rappel de ces quelques notions, venant en aide à notre bon sens, explique pourquoi la diffusion est un phénomène à résultats finalement lents, d'autant plus lents que les passages libres sont plus petits, c'est-à-dire que les interstices anastomosant les poches pleines d'air entre elles sont plus resserrés ou, en d'autres termes, que la marchandise est plus compacte et le fumigant employé plus dense.

Nous trouvons la confirmation expérimentale de cette lenteur dans les chiffres mêmes des auteurs : ainsi, **Bouhelier** et **Hudault** (15) parviennent aux résultats suivants :

— Pour les chenilles des figues sèches traitées au bromure de méthyle, il faut :

sous vide préalable : 50 g/m³ — 1 heure 30 (à 17°)
à pression atmosphérique : 20 g/m³ — 48 heures (à 27°)

On note que la constante de traitement, c'est-à-dire le chiffre obtenu en multipliant la concentration par la durée du traitement, de 75, sous vide, passe à 960 à pression atmosphérique, malgré une température beaucoup plus favorable dans le second cas.

Les mêmes auteurs, expérimentant sur **Dermestes frischi** des poissons séchés, ont obtenu, à la température de 25° dans les deux cas, une mortalité de 100 % à pression atmosphérique avec 20 g/46 heures, tandis qu'elle n'atteignait que 82 % sous vide avec 50 g/1 heure 30.

On doit reconnaître que cette expérience, loin d'être défavorable à la **DVP,** plaide au contraire en sa faveur : s'il faut une constante de 920 pour obtenir 100 % à pression atmosphérique, une constante de 75, qui n'en représente que 8 %, suffit pour donner 82 % de ses résultats lorsque le vide est mis en œuvre.

— Sur pois cassés envahis par **Calandra oryzae,** il faut, pour obtenir la mortalité totale aux environs de 20° :

sous vide : 50 g/ 3 heures (constante : 150)
à pression atmosphérique : 15 g/48 heures (constante : 720)

— Sur arachides attaquées par **Pachymerus accaciae,** il faut, pour obtenir la mortalité totale à 25-26° :

sous vide : 50 g/ 2 heures (constante : 100)
à pression atmosphérique : 20 g/48 heures (constante : 960)

Les chiffres tirés du travail de **Bouhelier** et **Hudault,** un des plus riches en précisions de la bibliographie française sur la matière, oscillent donc, pour les durées de la **D V P,** entre 3 heures et 1 heure 30 (note de l'auteur : 45 minutes à 1 heure suffisent pour **Phthorimaea operculella** des pommes de terre, à 80 g/m³ de bromure de méthyle), et atteignent couramment 48 heures à la pression atmosphérique. Ils démontrent donc de la façon la plus nette le gros avantage qu'offre la **DVP** en ce qui concerne ce facteur commercial si important : le temps.

Il n'est pas sans intérêt non plus de tirer les rapports (approchés) des constantes ci-dessus : 75/960 = 8 % — 75/920 = 8 % — 150/720 = 21 % — 100/960 = 10 %, soit en moyenne une constante bénéficiaire de 88 % pour la **DVP.**

De tout ce qui précède il résulte que, si la désinsectisation à pression atmosphérique présente l'avantage de n'exiger qu'un matériel bon marché, des manipulations simples, un personnel peu spécialisé, le délai d'attente prolongé qu'elle impose aux marchandises en transit l'empêche de satisfaire aux impérieuses conditions commerciales courantes. Même en augmentant les doses, la durée ne serait pas considérablement réduite puisque, en réalité, **c'est la vitesse de diffusion de l'air imprégnant les colis qui règle la durée du traitement.** Une réduction de la durée serait aléatoire et fort dangereuse, sinon pour la désinsectisation commerciale des marchandises que l'on peut dans beaucoup de cas considérer comme acceptable quand elle atteint 99,9 %, tout au moins pour la désinsectisation phytosanitaire où la survie d'une seule femelle gravide permet l'introduction probablement suivie de l'acclimatation d'une espèce redoutable.

En admettant même que le commerce puisse tolérer des retards de l'ordre de 24 ou 48 heures, un autre inconvénient se présente enfin : cette méthode exige des installations de cubages énormes, dont la surface serait souvent difficile à trouver dans les centres de transit.

Rappelons brièvement, pour terminer, les réalisations nord-africaines dans ce domaine.

Les plus vieilles cellules de désinsectisation à pression atmosphérique ont été installées dans le département et surtout la ville d'Oran par les commerçants en légumes secs, propriétaires de casseries en particulier. Elles fonctionnent encore pour la plupart au sulfure de carbone. Menaçant ruine, d'une étanchéité plus que douteuse, sans ventilateurs d'homogénéisation ni d'évacuation du gaz après traitement, construites dans les magasins mêmes et aérées par simple ouverture d'une porte qui donne directement dans ceux-ci, on peut considérer comme un miracle le fait qu'aucune n'ait encore ni sauté ni causé mort d'homme.

Les nouvelles installations, par contre, sont correctes et nombreuses. On en compte actuellement au moins une centaine, réparties par groupes de une à cinq, et totalisant un cubage voisin de 4.000 mètres cubes. Créées pour la plupart depuis 1942, elles fonctionnent à la satisfaction générale, le plus souvent au bromure de méthyle, pour traiter des produits assez divers dont les principaux sont des grains, légumes ou fruits secs, objets d'ameublement et surtout pommes de terre.

Désinsectisation avec vide préalable

« La méthode consiste à extraire la majeure partie de l'atmo-
« sphère baignant les produits à traiter, puis à lui substituer une
« atmosphère artificielle conditionnée de manière à provoquer la
« mort rapide de tout organisme animal qui y reste exposé pen-
« dant une durée minimum déterminée.

« En fin de traitement, cette atmosphère toxique est à son tour
« extraite de la marchandise par des opérations de vide répé-
« tées, respectivement suivies d'autant de rentrées d'air normal,
« de telle sorte que l'élimination du fumigant puisse être poussée,
« aussitôt après le traitement, aussi loin qu'on le désire. »

Mallet (16) a ainsi excellemment défini le principe de la méthode, sous sa forme la plus concise et la plus exacte (3).

Les premières appellations données au procédé : **désinfection sous vide, désinfection** (ou **désinsectisation**) **sous vide partiel** sont en fait impropres puisque : 1° Il ne s'agit pas d'une « désinfection », ce terme n'étant appliqué qu'à la destruction des microorganismes. 2° L'opération insecticide elle-même, durant laquelle les insectes sont plongés dans l'atmosphère toxique, n'a pas lieu (sauf en Amérique comme nous le verrons plus loin) sous un vide suffisant pour que son action puisse être invoquée comme déterminante.

A la différence de la désinsectisation à pression atmosphérique, **la DVP est caractérisée par la rapidité de son action :** la diffusion à l'intérieur des marchandises y joue, en effet, un rôle nettement moins important. Les « poches » plus ou moins volumineuses que présente inévitablement toute marchandise, ayant été vidées en grande partie, puis remplies dès le début de l'opération par le mélange gazeux insecticide, la diffusion se fait ensuite plus facilement de poche en poche au travers des interstices les plus étroits. La diffusion n'est donc pas, en somme, rendue inutile par la **DVP** : elle est considérablement favorisée ; elle part de zones déjà plus ou moins enfoncées dans la masse, et non uniquement de l'extérieur de celle-ci.

Le principal inconvénient de la **DVP** est le coût de l'appareillage. Celui-ci doit être solide pour résister aux vides cou-

(3) Sont seuls étudiés dans cet ouvrage les procédés permettant d'obtenir la destruction des insectes au moyen de fumigants.

Nous laissons volontairement de côté une autre méthode, fort intéressante, mais d'applications plus restreintes, dans laquelle les marchandises sont traitées par des **liquides** constituant ou contenant les principes actifs. Les marchandises sont immergées dans un récipient résistant au vide et plein du liquide approprié. Après avoir effectué un vide poussé qui provoque le dégagement, sous forme de bulles, et l'évacuation de la majeure partie de l'air intergranulaire contenu dans la masse poreuse, la pression atmosphérique est rétablie (on peut même avoir avantage à créer une surpression plus ou moins importante). Le liquide vient alors remplir les espaces primitivement occupés par l'air ; sa pénétration est très améliorée et son efficacité pratique considérablement accrue.

Ce procédé peut être envisagé pour le traitement de plantes en mottes, l'imprégnation du bois, etc.

rammentutilisés : 670 ou même 720 mm. de mercure, ce qui représente sur une porte circulaire d'un autoclave de 2 m. 20 de diamètre, une pression de 33 ou 38 tonnes. La résistance des appareils doit donc être soigneusement assurée pour éviter tout aplatissement ou déformation ; les prix s'en ressentent.

Pour éviter tous risques, il ne faut pas moins soigner la construction du matériel annexe : récipients de stockage et de vaporisation, appareils de dosage, de chauffage, de contrôle, de sécurité, de manutention.

La construction et l'aménagement des bâtiments eux-mêmes dépendent pour la plus grande part de l'appareillage à installer, et il est bien certain que les canalisations d'eau et d'électricité, le réseau d'égouts, sont plus complexes que ceux d'une station à pression atmosphérique.

Quant à la main-d'œuvre, la complication relative de l'outillage exige un chef d'atelier ayant quelques notions de mécanique, de l'initiative et une grande conscience professionnelle.

Tous ces facteurs conduisent à considérer la station de **DVP** comme une installation industrielle qui, pour être rentable, doit être utilisée d'une façon quasi-ininterrompue, avec un rendement maximum. L'augmentation du prix par rapport aux cellules travaillant à pression atmosphérique est en effet notable et ne peut s'admettre que justifiée par une différence de rendement au moins correspondante. Cette différence existe. Ainsi, un mètre cube de chambre à pression atmosphérique ne peut traiter son volume correspondant de marchandises, la plupart du temps, qu'en 48 heures, soit 1/2 mètre cube par jour. Dans le même temps, un autoclave à vide de un mètre cube peut traiter, par journée normale, quatre mètres cubes et, même, sept mètres cubes avec une équipe de relais ou un roulement bien organisé des employés. La proportion est donc de huit au minimum, de quatorze facilement. Et elle pourrait atteindre davantage, en travail continu.

L'importance de l'amortissement de ces installations s'oppose à leur très grande multiplication. En fait, comme nous l'avons signalé dans l'introduction, les stations de **DVP** ne peuvent être possédées que par des organismes importants, d'Etat ou particuliers. Elles sont installées, bien entendu, là où elles

auront à fournir le plus de travail, soit à l'importation, soit à l'exportation (ports, nœuds ferroviaires, grands centres de production).

ACTION DU VIDE SUR LES INSECTES

L'action du vide seul sur les insectes a été si fréquemment étudiée qu'il suffit de rappeler brièvement les conclusions des expériences faites.

Le vide n'a pratiquement pas de valeur insecticide, à moins qu'il ne soit poussé très loin, si loin qu'il agit bien plutôt alors par anoxémie que par lui-même. Encore l'action constatée est-elle désespérément lente : il faut de nombreuses heures, parfois plusieurs jours (jusqu'à sept) pour tuer des larves et des œufs de microlépidoptères et de coléoptères des marchandises.

Quant à son action par dessication, elle ne peut être invoquée dans un autoclave où la masse des marchandises, même aussi sèches que de la farine, entretient une tension de vapeur d'eau suffisante. Elle ne se manifeste que dans des essais de laboratoire in vitro, comme l'a parfaitement démontré **Jones** (38), en atmosphère raréfiée et sèche.

D'après les études de **Mellanby** (40), puis celles de **Cotton, Wagner** et **Young** (17), la rareté de l'oxygène résultant des vides très poussés constitue un facteur qui rend les insectes plus sensibles aux fumigants. C'est pour respecter ce principe que certains techniciens préfèrent conserver un vide élevé pendant toute la durée de l'opération en n'introduisant dans l'autoclave, après obtention du vide initial, que des vapeurs pures ou quasi-pures de fumigant. C'est la méthode américaine.

Or, tout en admettant parfaitement une excitation des métabolismes respiratoires par la privation d'oxygène, à quoi sert cette augmentation des métabolismes si les insectes ne se trouvent pas alors en contact avec une concentration suffisante de fumigant ?

Car c'est bien ce qui se passe, comme nous le verrons plus loin. Dans un ballot de marchandises plus ou moins compactes, la « bulle d'air pur résiduelle » présente un volume incomparablement plus élevé si le vide n'a été diminué que

de quelques millimètres (par l'appoint de quelques litres de vapeurs insecticides) que s'il a été fortement réduit par appoint massif d'un autre gaz de complément : air ou anhydride carbonique, ou les deux. Les insectes abrités dans la zone baignée par cette bulle (dont la pénétration est d'autant plus lente que la bulle est plus volumineuse) respirent bien d'une façon accélérée mais, si le gaz respiré est de l'air pur, ils ne s'en portent pas plus mal.

La méthode américaine se conçoit par contre parfaitement avec une marchandise peu compacte, dans laquelle la diffusion est facile et rapide. La **DVP** présente cependant alors beaucoup moins d'intérêt puisque le mode de pénétration **réel** du fumigant est à peu près identique à ce qu'on observe en désinsectisation à pression atmosphérique : c'est la diffusion presque seule qui assure, en fin de compte, l'efficacité.

Le vide ne présente pas davantage d'intérêt par lui-même lorsque les insectes lui sont soumis quelques instants avant de subir la fumigation proprement dite (4). Si, par exemple, on soumet des insectes au vide dans un flacon d'essai, puis qu'on laisse pénétrer dans celui-ci jusqu'à pression atmosphérique un mélange gazeux insecticide de concentration donnée, on constate que la mortalité est la même que celle obtenue avec la même concentration de fumigant et la même durée d'exposition sans intervention préalable du vide. Il ne préci-

(4) Des fumigations comparatives sur **Calandra oryzae** adultes à la température de 15° ont été effectuées, les unes à pression atmosphérique, mais après un vide préalable de 720 mm., maintenu dix minutes, les autres constamment sous pression atmosphérique. On utilisait dans le premier cas un flacon de Wolff de 2 l. relié à un manomètre et à une pompe à vide et muni d'une boule à robinet. Pour le premier essai, le vide était réalisé et maintenu dix minutes dans le flacon où se trouvaient une cage de treillage contenant les charançons et une feuille de clinquant (agitateur) introduite pliée. L'oxyde de propylène liquide choisi comme fumigant, préalablement mesuré à la micropipette, passait, par simple manœuvre du robinet, de la boule dans le flacon où il se vaporisait instantanément. Puis on laissait entrer l'air jusqu'à pression atmosphérique. Le flacon était aussitôt secoué pour assurer l'homogénéité de l'atmosphère, grâce aux mouvements de l'agitateur.

A pression atmosphérique, on se contentait d'introduire directement dans un flacon débouché de même capacité, en faisant tomber le liquide sur l'agitateur, la même quantité d'oxyde de propylène. Le flacon était, aussitôt après, bouché et agité.

Deux expériences portant sur des lots de 200 charançons environ et

pite donc pas la mort des individus traités en « forçant » les passages de l'appareil respiratoire. S'il y parvenait d'ailleurs, les quantités entraînées seraient négligeables : la respiration **continue** de l'insecte peut seule provoquer sa mort à la suite de l'absorption d'une certaine quantité de toxique et de sa fixation par les humeurs, cette quantité étant certainement très supérieure à celle qui peut se trouver injectée grâce au vide préalable dans les troncs trachéens.

LES TECHNIQUES DE VIDE

La première utilisation industrielle du vide fut recherchée par **Mackie** qui l'employa conjointement avec la chaleur.

La technique consistait à amener l'autoclave et les marchandises à un certain degré de chaleur après avoir réalisé dans l'appareil un vide industriellement total.

En provoquant la dessication de la masse et celle des insectes qu'elle renfermait, l'auteur pensait ainsi faire disparaître par évaporation une grande partie de l'eau contenue dans tous les corps soumis au traitement.

A la réflexion, cette dessication apparaît comme fort problématique, car elle ne peut se produire d'une façon appréciable que si l'on empêche l'atmosphère de rester saturée par

durant lesquelles l'exposition aux vapeurs insecticides dura 15 minutes, ont donné les résultats (arrondis) suivants :

1° 250 g./m³ — 15 minutes

	% de mortalité après un délai en jours de						
	1	2	3	4	5	6	7
avec vide préalable	50	66	73	74	76	76	77
sans vide préalable	60	71	76	78	80	81	81
2° 150 g./m³ — 15 minutes							
avec vide préalable	23	34	36	37	38	40	40
sans vide préalable	25	33	37	40	41	41	42

Il ressort de ces essais, bien faciles à réaliser, que le vide ne facilite d'aucune manière (et retarde même plutôt de quelques minutes) l'intoxication. Faut-il voir là une réaction de défense de l'organisme soumis au vide ?

Ces résultats ne militent cependant pas contre la **DVP** ; si celle-ci fait perdre quelques minutes à l'intoxication proprement dite, elle en fait gagner bien davantage à la diffusion du gaz dans la marchandise.

l'humidité ainsi évaporée. Sinon, quand, après avoir fait le vide, on abandonne à lui-même l'autoclave, une fraction de l'eau se vaporise et il s'établit dans l'appareil la pression correspondant à la tension de vapeur de l'eau (ou des diverses solutions que contiennent les produits à désinsectiser), sous la température réalisée. La quantité d'eau vaporisée dans ces conditions est très faible. Supposons par exemple qu'on porte la marchandise à 50° et qu'on fasse le vide le plus poussé possible. Admettons que l'autoclave ait 4 m^3 de capacité, qu'il contienne 1.800 kilos de figues sèches à 20 % d'humidité, soit une quantité totale d'eau contenue de 360 kilos. Avec une marchandise dont la densité **réelle** est de 1,4, cas fréquent, l'espace réellement occupé par elle est de 1.280 litres et il reste, occupés par l'air, 2.720 litres.

En admettant qu'on puisse entretenir la température de 50° (en compensant le refroidissement par évaporation, ce qui, pratiquement, est à peu près impossible), la vaporisation se poursuivra jusqu'à ce que la pression interne atteigne la tension de vapeur pour la température de 50°. Cette dernière, pour de l'eau pure, est de 92 mm. de mercure ; la quantité de vapeur contenue dans l'atmosphère, dans ces conditions, est de 85 grammes par mètre cube. Les 2.720 litres de volume libre contiendront donc 85 × 2,72, soit sensiblement 231 grammes de vapeur d'eau, soit moins de 0,07 % de la quantité totale d'eau présente. Il est clair qu'une perte d'humidité aussi faible ne saurait affecter à elle seule la vitalité des insectes puisque les organismes supérieurs supportent sans troubles appréciables des pertes d'eau six fois plus élevées, relativement à leur poids.

Pour dessécher effectivement, il faudrait, soit maintenir pendant toute la durée de la désinsectisation la pompe à vide en marche, de manière à extraire les quantités de vapeur à mesure qu'elles apparaissent en maintenant le vide poussé nécessaire, soit mettre l'autoclave en circuit avec un condenseur refroidi, à une température maxima de 13° par exemple si l'on veut maintenir un vide de 750 mm.

Quoi qu'il en soit, aussi bien à cause de l'altération causée aux marchandises par un chauffage prolongé que pour les autres raisons ci-dessus énoncées et les complications de matériel entraînées, cette méthode fut très vite abandonnée,

et le traitement thermique remplacé par l'injection de fumigants insecticides. Cette pratique est aujourd'hui à peu près la seule retenue.

De nombreuses études furent alors faites à notre laboratoire et nous en avons donné en 1934 un compte rendu (18) comparant de façon systématique les diverses « Techniques de vide » que l'on pouvait envisager.

Le terme **Technique de vide** désigne la succession des opérations de vide et de rupture de vide, qui caractérisent un traitement. Le chiffre 0, contrairement à la notation des physiciens, indique la pression atmosphérique ; les autres, en millimètres de mercure (5), les vides atteints ; entre les différents chiffres se situent, soit les opérations de vide proprement dites, soit les entrées de fumigant et d'air, de fumigant pur ou d'air pur. Ainsi la formule :

$$\underset{V}{0} \text{ — } \underset{F+A\ (t)}{670} \text{ — } \underset{A}{20} \text{ — } \underset{V}{0} \text{ — } \underset{A}{650} \text{ — } \underset{V}{0} \text{ — } \underset{A}{650} \text{ — } 0$$

doit-elle se lire ainsi :

(5) La fixation des formules de technique de vide en mm. de mercure est certes scientifiquement incorrecte. On peut dire en effet que les diverses opérations de la **DVP** ont comme but, d'abord, la réalisation de la pénétration à une profondeur donnée d'un mélange de gaz insecticide dans une masse poreuse déterminée, ensuite, l'élimination dans une proportion donnée, aussi élevée que possible, dudit mélange des autoclaves — et que, pour assurer la parfaite constance de ces opérations malg.é les variations de la pression atmosphérique, les formules devraient par conséquent préciser les vides à réaliser en % de pression atmosphérique, et non en mm. de mercure.

Ainsi écrirait-on :

0 — 88,15 % — 2,25 % — 0 — 85,52 % — 0 — 85,52 % — 0

Cette formule donnerait des chiffres variant avec la pression atmosphérique du moment :

0 — 670 — 20 — 0 — 650 — 0 — 650 — 0, pour la pression normale de 760 mm. et, pour certaines pressions qu'on peut considérer comme des limites pratiques :

0 — 687,6 — 1,6 — 0 — 667,1 — 0 — 667,1 — 0 — pour 780 mm.
0 — 643,5 — 1,5 — 0 — 624,3 — 0 — 624,3 — 0 — pour 730 mm.

Toutefois, si exact que soit ce point de vue, il convient de reconnaître qu'il exige, pour chaque opération ou série d'opérations, soit un calcul, soit l'utilisation d'abaques. Cette complication ne peut être envisagée dans un atelier de désinsectisation. Nous précisons d'ailleurs plus loin, en étudiant les manomètres des autoclaves (Chapitre II), les erreurs provoquées par cet errement volontaire : elles sont sans importance pratique réelle.

Vide initial de 0 à 670 mm. de mercure (90 mm. de pression absolue).

Vide ramené de 670 à 20 par introduction d'un mélange de fumigant et d'air (F + A).

Vide de 20 mm. sous lequel se poursuit pendant un temps (t) variable l'opération de désinsectisation proprement dite ; ce temps est le **temps actif.**

Introduction d'air pur, de 20 mm. à la pression atmosphérique (0) ; cette opération précède les « rinçages d'air ».

Vide de 0 à 650 mm., suivi d'une entrée d'air pur de 650 à 0 mm. (rinçage d'air).

Second vide de 0 à 650 mm., suivi d'une seconde entrée d'air pur de 650 à 0 mm. (second rinçage d'air).

Le graphique correspondant à cette formule est représenté par la fig. 1.

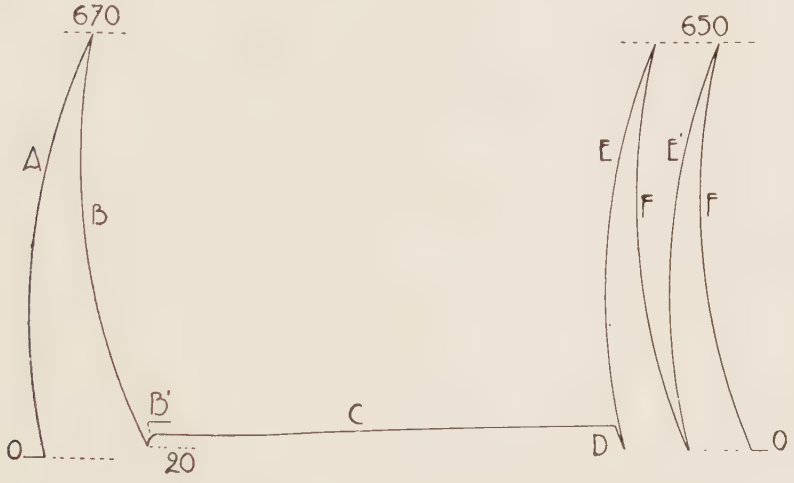


Fig. 1. — Diagramme de la méthode des introductions simultanées.

A : Vide de 0 à 670 mm. — B : Introduction du mélange insecticide de 670 à 20 mm. — B' : Remontée de vide en fin d'introduction. — C : Séjour sous vapeurs (désinsectisation). — D : Introduction d'air de 20 à 0. — E, E' : Vides de 0 à 650 mm. — F, F' : Introductions d'air pur de 650 à 0. (Orig.).

L'étude des techniques de vide présente, pour les cas les plus fréquents (marchandises relativement compactes sous emballages), la plus grande importance.

Si, en effet, une augmentation de la pression assure seule la pénétration des gaz à l'intérieur des marchandises, il appa-

raît a priori que la seconde croîtra en proportion directe de la première, d'où avantage à obtenir un vide maximum pour l'abaisser ensuite autant que possible par l'introduction du mélange toxique gaz/air.

La première technique de vide utilisée en Amérique était la suivante :

0 — 635 — 125 — 0 — 635 — 0

Celle-ci ne donnant qu'une surpression de 510 mm. (635 - 125) était insuffisante. (Les stations américaines l'ont d'ailleurs modifiée par la suite en portant le vide de pointe à 660 et même 685 mm.). La pénétration n'est en effet, linéairement, que de 80 % environ. Si l'on considère cette pénétration dans une balle sphérique de 80 cm. de diamètre, on constate que la sphère d'air résiduel qui se rassemble au centre a elle-même alors un diamètre de 46 cm. (6). Ce noyau d'air n'est fumigé que trop lentement par diffusion simple et, bien souvent, pour peu que la marchandise présente une certaine compacité, on commence les rinçages d'air avant que la désinsectisation n'ait eu le temps de s'opérer jusqu'au centre.

Nous avons apporté une première amélioration à cette technique en élevant à 670 au moins (le traitement des légumes secs par exemple comporte un vide initial de 700 et même 720 mm.) le vide de pointe, ce qui n'augmente pas sensiblement la durée de l'aspiration et ne présente pas d'inconvénient pour le matériel. Un diagramme moyen basé sur des chiffres relevés dans toutes les Stations d'Algérie permet en effet de constater qu'avec une motopompe de 10 CV, d'une puissance de pompage de 250 m^3/heure, pour des autoclaves de 11 m^3 au minimum, on gagne, dans les trois minutes précédant l'obtention du vide de 670 mm., 100 mm. ; dans les trois minutes suivantes, par contre, on ne gagne plus que

(6) Il convient de ne pas être effrayé outre mesure par le diamètre relativement considérable de la bulle d'air résiduel. Tout d'abord, pendant l'injection même des fumigants, des inégalités dans la pénétration, dues à l'état de division plus ou moins hétérogène de la marchandise, modifient sa forme et créent ainsi des irrégularités favorables à la diffusion ultérieure. Ensuite, sitôt après l'introduction d'un fumigant lourd (ou léger), le principe d'Archimède intervient pour chasser la bulle vers le haut (ou le bas).

45 mm. D'autre part, le vide réduit sous lequel s'exerce l'action du fumigant peut être sans inconvénient ramené à 20 mm. ; il n'a, en effet, d'autres buts que les suivants :

1° Permettre le contrôle de l'étanchéité de l'appareil. S'il y a fuite, celle-ci ne peut se produire que vers l'intérieur et supprime par conséquent tout danger pour le personnel.

2° Eviter les déperditions de fumigant vers l'extérieur, pertes qui modifieraient la quantité de gaz introduite dans l'autoclave au début de l'opération.

3° Empêcher des surpressions internes d'origine thermique ou barométrique extérieure.

La dépression de 20 mm. à laquelle doit s'arrêter l'opérateur, suffit parfaitement, comme nous avons pu nous en convaincre par dix-huit années de pratique, à jouer ces divers rôles. Elle augmente d'ailleurs d'elle-même, après l'isolement du tank, pour des raisons exposées au paragraphe suivant.

Enfin, les trois premiers éléments de la technique : 0 — 670 — 20, assurent une meilleure pénétration linéaire qui est théoriquement de 88 % environ, soit une diminution d'un tiers de la zone dont la pénétration n'est pas assurée par l'application de la technique précédente. La sphère résiduelle, à l'intérieur d'une balle sphérique de 80 cm., n'a plus alors qu'un diamètre de 40 cm. (avec le vide préalable de 720, ce diamètre tombe à 30 cm.).

Nous avons constamment noté, à la suite de cette modification de la formule, une appréciable différence au point de vue valeur insecticide, concordant toujours et assez exactement avec la théorie, sauf évidemment dans le cas de matières fortement absorbantes ou adsorbantes.

Les derniers éléments de la technique de vide : 0 — 650 — 0 — 650 — 0, correspondent aux rinçages à l'air et ne nous ont pas paru devoir être utilement modifiés, car ils assurent, si l'on ne tient pas compte des phénomènes physiques et chimiques, l'élimination de 98 % environ des gaz insecticides. Pratiquement, on peut obtenir, par l'emploi de gaz et de doses appropriées, le nettoyage satisfaisant des matières traitées et la disparition de toute odeur caractéristique des marchandises les plus délicates (tabac haché). Dans certains

cas particulièrement dangereux en raison de la désorption ultérieure possible (marchandises embarquées aussitôt après traitement dans des cales de navires par exemple), il est bon de pousser les vides de rinçage à 700 mm. La quantité de gaz résiduelle est alors théoriquement voisine de 0,6 %.

REMONTEES DE VIDE EN FIN D'INTRODUCTION

Dans bon nombre des techniques de vide énumérées plus loin, particulièrement celles où l'injection des gaz est rapide, on constate, aussitôt après la fermeture de l'admission, une légère augmentation du vide (fig. 1) variant, selon les cas, de 5 à 20 mm., et un abaissement de la température intérieure du tank de 0°5 à 1°5. En réalité, les variations thermiques sont beaucoup plus considérables. Si le thermomètre ne décèle que des variations de cet ordre, c'est que :

1° Son bulbe se trouve dans le courant d'air rentrant ; il est donc d'abord refroidi par la détente de l'air qui rentre. Cet air se réchauffe bien ensuite en se comprimant, mais le réchauffage fait surtout sentir ses effets dans le centre de l'autoclave, c'est-à-dire dans une région dont le thermomètre n'enregistre pas les températures. On vérifie soi-même expérimentalement ce fait lorsqu'on se trouve dans un autoclave pendant la rentrée d'air : on subit au centre de l'appareil une chaleur étouffante, tandis que la main placée dans le dôme d'arrivée d'air éprouve une vive sensation de fraîcheur ;

2° La pointe maximum de température est très fugitive et s'atténue très vite par échanges thermiques avec les parois et les marchandises. Pour l'enregistrer, il faudrait un thermomètre très sensible, à bulbe de très petite capacité, sans gaine protectrice, s'équilibrant très vite en température dans un milieu gazeux.

On peut toutefois calculer l'élévation de température en admettant une rentrée très rapide de gaz, qui ne laisserait pas aux échanges thermiques le temps de s'effectuer (opération adiabatique).

Supposons d'abord que le gaz qui se trouvait dans l'autoclave sous un vide très modéré de 650 mm. (pression absolue de 110 mm.), se contracte au moment de la rentrée d'air

sans se mélanger aucunement avec l'air rentrant, et que le vide soit ramené par cette rentrée à 20 mm. (pression absolue de 740 mm.). Le calcul montre que l'augmentation de température du volume occupant primitivement, sous faible pression, l'autoclave entier, serait de 192°, c'est-à-dire que, si cet air était primitivement à 20°, il serait porté à 212°.

Ceci montre le danger de rentrées d'air trop brutales dans le cas de gaz inflammables, peut-être par exemple quand on utilise de l'oxyde d'éthylène non additionné d'anhydride carbonique, et sûrement dans le cas de l'emploi du sulfure de carbone.

Supposons maintenant — hypothèse inverse extrême — que le mélange se fasse instantanément dans toute la masse, entre le gaz rentrant et celui contenu dans l'autoclave. Dans ce cas, l'augmentation de température de la masse totale du gaz, lorsque la pression absolue a atteint 740 mm., est de 28°, c'est-à-dire que, si la chaleur initiale était de 20°, elle est portée, à la fin de la rentrée d'air, à 48°.

Bien entendu, en pratique, des échanges thermiques ayant lieu avec les parois de l'autoclave et les marchandises pendant la remontée de pression, les accroissements réels de température ne sont pas aussi considérables. Mais le calcul permet déjà d'établir que les variations de pression de 5 à 20 mm. observées après rentrée de l'air correspondent à des élévations de température momentanées moyennes de 2 à 8°. Localement, il se produit des températures notablement plus élevées, parce que, d'une part, le mélange avec l'air résiduel n'est ni parfait ni instantané et que, d'autre part, les masses gazeuses qui ne se trouvent au contact, ni des parois, ni des marchandises, échappent à leur action refroidissante.

HOMOGENEISATION ET MODE D'INTRODUCTION DES GAZ

Nous avons signalé dès 1933 (19) l'intérêt qui s'attache à un bon mélange des gaz avec l'air :

« Près de cinq cents essais réalisés à ce jour par l'un de nous « ont permis d'apprécier l'importance considérable présentée par « une bonne homogénéisation des gaz utilisés en vue d'éviter, ce « qui est capital, la superposition à l'intérieur des tanks de cou- « ches gazeuses de densités différentes. »

L'acide cyanhydrique mis à part, les traitements se font, en effet, toujours avec des fumigants d'une densité nettement différente de celle de l'air, plus élevée. Ainsi en est-il par exemple de l'oxyde d'éthylène (poids du mètre cube de vapeur : 1 kg. 97) et du bromure de méthyle (4 kg. 2), ainsi que de l'anhydride carbonique (1 kg. 97).

Plusieurs façons d'opérer sont à envisager pour l'introduction des gaz.

Méthode des introductions successives.

Elle consiste à introduire d'abord le fumigant seul, puis, par le même orifice situé en haut du tank, l'air, en quantité suffisante pour faire remonter la pression intérieure suivant la technique de vide choisie (rappelons que, dans la plupart des types de matériel, comme dans celui qui a servi à nos essais, l'introduction des gaz se fait, pour de multiples raisons, par une tuyauterie ou un dôme situé en haut de la virole). Ce mode opératoire, si on ne se place qu'au point de vue de la pénétration profonde dans le sens **horizontal** à un bas niveau donné, n'est pas inférieur à celui décrit plus loin sous le nom d'« introductions simultanées », et lui serait peut-être même légèrement supérieur. En effet, lorsqu'on commence à introduire le gaz, celui-ci pénètre d'abord dans la couche superficielle des marchandises, un noyau d'air important se trouvant encore au centre. Lors de l'introduction d'air subséquente, celui-ci chasse vers le centre le gaz déjà infiltré, et une partie de celui qui se trouvait à peu de distance de l'enveloppe perméable ; cet air devient cependant, par diffusion avec l'air rentrant, de moins en moins chargé de fumigant. La couche extérieure de la marchandise se trouve donc envahie, en fin de compte, par un mélange de gaz et d'air, de concentration variable aux divers niveaux, stratifié en fonction des densités des diverses concentrations. La couche intermédiaire se trouve remplie de gaz assez concentré poussé par la remontée de pression. Le noyau, de dimensions variables selon la technique de vide, est constitué à l'origine par de l'air pur, puis est à son tour envahi par diffusion simple et remontée de la bulle (si le mélange est plus dense que l'air).

Il semblerait qu'il y a là un véritable paradoxe, consistant dans le fait que les insectes sont d'autant mieux atteints qu'ils

sont plus profondément cachés. Seuls échappent quelques-uns de ceux qui se trouvaient dans la couche superficielle lors du traitement.

Ceci est cependant logique et conforme aux conditions d'expérimentation.

Après maintes vérifications expérimentales de cette hypothèse, on peut aujourd'hui affirmer que, avec une pression de pénétration de 650 mm. (technique de vide de 0 — 670 — 20), la pénétration en profondeur, pratiquement assez homogène en un même niveau, révèle par contre de grandes différences suivant les niveaux examinés. En effet, au cours de nombreux essais, on a chaque fois constaté une très nette décroissance de la mortalité des insectes témoins à mesure que l'on s'élève au-dessus du fond du tank (essais faits avec des gaz lourds).

Lorsqu'on a constaté quelle gravité peut atteindre la contamination de beaucoup de marchandises, on ne peut cependant se contenter d'une désinsectisation profonde des seuls colis des couches basses : il faut qu'elle soit totale. Par ailleurs, commercialement parlant, la contamination de surface, bien que toujours la plus importante, présente des inconvénients plus graves que celle de la profondeur.

La méthode est donc à rejeter.

Méthode des introductions successives avec brassage

Celle-ci, voisine de la précédente, peut se faire en introduisant l'air d'appoint par une vanne située dans le bas du tank. Les résultats obtenus sont strictement semblables à ceux de la précédente méthode, à cette différence près que l'homogénéité d'action (de mélange des gaz par conséquent) est meilleure aux différents niveaux à la surface des marchandises. Ce caractère, constaté dans notre autoclave d'essai de 1,230 m^3, est beaucoup moins net dans des autoclaves allant de cette capacité à 10 m^3, et disparaît même au-dessus de cette dernière capacité.

On peut obtenir une meilleure homogénéisation au moyen de ventilateurs placés dans l'autoclave ou, mieux, pour éviter la gêne qu'ils apporteraient au chargement, d'un turbo-ventilateur à tuyauterie extérieure en circuit fermé. Mais il arrive que les gaz employés soient explosibles ; ainsi, avec le

mélange oxyde d'éthylène/anhydride carbonique, il peut arriver que, le débit de ce dernier étant accidentellement diminué, l'atmosphère devienne inflammable. Pour se prémunir contre un tel accident, qui prendrait immédiatement les proportions d'une catastrophe avec des tanks de 70, 50 et même 10 m^3, certaines précautions doivent être obligatoirement prises. Ainsi, le turbo de grand diamètre sera-t-il mû par un moteur placé hors de la tuyauterie, toutes précautions étant prises par ailleurs en ce qui concerne le métal des pales et de l'axe (aluminium ou duralumin ne donnant pas d'étincelles électriques) et le type du presse-étoupe.

Cette disposition permet de mélanger correctement les gaz qui restent **libres dans l'autoclave** et évite par conséquent les stratifications de la première méthode. Mais elle ne permet pas davantage l'homogénéisation des gaz infiltrés dans les marchandises. Comme auparavant, nous trouvons une couche superficielle traitée à faible concentration, celle-ci croissant à mesure que la profondeur augmente ; le centre de la balle est toujours occupé par une bulle d'air pur. On retrouve, en somme, les inégalités d'action précédemment signalées à partir de la surface vers la profondeur.

Les résultats donnés par cette méthode ne pourraient être, en définitive, corrects que si le traitement se limitait à des marchandises non emballées, à large surface de contact avec les gaz (végétaux nus, produits en couche mince sur claies, etc.).

Méthode des introductions combinées.

Aux deux méthodes précédentes, on peut donc reprocher surtout le défaut suivant : si, à partir d'une certaine profondeur dans la marchandise, l'action est assez homogène, celle-ci varie beaucoup dans les couches superficielles et, en l'absence de brassage, suivant les niveaux considérés. C'est pourquoi une méthode intermédiaire a été un instant envisagée. Elle consistait essentiellement à introduire d'abord la moitié du fumigant pur, cette quantité étant destinée à pénétrer profondément dans l'intérieur de la marchandise et à s'y mélanger avec l'air résiduel, puis un mélange de fumigant et d'air, homogénéisé, destiné par conséquent à rester en partie en dehors de la marchandise pour détruire les insectes de surface.

Cette méthode a dû, elle aussi, être abandonnée, en raison de la superposition des couches que l'on constatait encore, conduisant à des concentrations trop fortes dans les parties basses, trop faibles dans les parties hautes.

Déjà cependant, les résultats se montrent meilleurs avec cette méthode qui n'est, en somme, qu'un acheminement vers la suivante.

Méthode des introductions simultanées (Fig. 1).

Celle-ci présente le maximum d'avantages, tant au point de vue insecticide que pratique et économique. Elle assure une homogénéité pratiquement parfaite du mélange gazeux.

Elle consiste à n'introduire dans le tank qu'un mélange à dosage constant d'air et de fumigant, l'air se trouvant en quantité suffisante pour réaliser les conditions de la technique de vide choisie. Par exemple, si on décide d'employer la formule : Oxyde d'éthylène : 75 litres / Anhydride carbonique : 480 litres / Air : quantité suffisante, on trouve que, pour faire tomber le vide de 670 à 20 mm. dans un autoclave de un mètre cube ne contenant aucune marchandise, il faut ajouter aux deux premiers produits 290 litres d'air environ.

La grosse difficulté pratique consistait précisément dans l'alimentation en proportions constantes, mais en quantités décroissantes, des divers gaz. La dépression à l'intérieur du tank se traduit en effet par une aspiration dès qu'on ouvre un orifice, cette aspiration diminuant jusqu'à devenir nulle à mesure que la pression intérieure du tank se rapproche de la pression atmosphérique. Un des éléments gazeux (l'air) à introduire se trouvant déjà à la pression atmosphérique, il devenait logique d'y amener les autres ; la chose fut réalisée grâce à l'emploi de gazomètres à cloche équilibrée, compensés ou contenant la réserve de gaz nécessaire. La prise d'air, d'une part, le ou les gazomètres, d'autre part, débitent les quantités fixées au moyen d'orifices dont le calibrage rigoureux est effectué, une fois pour toutes, pour un dosage donné. Un déréglage éventuel est facilement décelé : en effet, le gazomètre principal, qui joue le rôle de réservoir de fumigant, est muni d'un curseur indicateur de consommation. Si on le fait fonctionner sans compenser à mesure les quantités aspirées, toute consommation exagérée décèle une obturation partielle

ou totale de l'un des autres orifices ; toute consommation trop faible signale l'obturation de l'orifice qui commande le débit du gazomètre lui-même. Ce cas est d'ailleurs très rare : nous ne l'avons constaté qu'une seule fois en dix-huit ans dans une des seize stations officielles et privées d'Algérie.

Cette méthode présente deux avantages pratiques sérieux :

— En cas d'inattention de l'opérateur. Cet agent peut oublier, le vide étant retombé à 20 mm., de stopper comme il se doit l'introduction du mélange gazeux. En ce cas, l'introduction continue jusqu'à rétablissement de la pression atmosphérique dans l'autoclave, puis s'arrête d'elle-même, n'occasionnant qu'une dépense inutile de gaz de 3 % environ en surplus des doses prévues.

— Elle coûte d'autant moins cher que le chargement est plus complet.

Il est évident, en effet, que les gaz n'ont à se répandre que dans le volume non réellement occupé par la marchandise, c'est-à-dire dans les anfractuosités de celle-ci d'une part, et dans le volume restant libre entre les marchandises et les parois internes de l'autoclave d'autre part. Par conséquent, plus le tank sera plein et la marchandise compacte, moins il restera d'espace occupé par l'air et moins forte sera la dose consommée par aspiration pour faire retomber le vide de 670 à 20 mm. On peut très facilement calculer l'économie ainsi réalisée en connaissant, d'une part le poids de marchandises introduites dans l'appareil, d'autre part la densité **réelle** de cette marchandise (7).

(7) Voici quelques densités réelles moyennes que nous avons déterminées en laboratoire pour les marchandises les plus courantes.

Marchandise	Densité réelle	Volume réel de 100 kgs (en l.)
Figues sèches	1,36	73
Dattes	1.43	70
Bananes fumées	1,26	79
Raisins secs	1,45	69
Pâte de dattes	1,51	66,5
Bananes desséchées (cossettes)	1,46	68,5
Pommes de terre	1,11	90
Amandes décortiquées	1,11	90
Pommes de terre séchées	1,5	66,5
Patate séchée	1,5	66,5

A titre d'exemple, un autoclave de 10 m³ chargé à plein de 4.500 kgs de figues sèches, aura un volume réellement occupé de 3 m³ 285. On réalisera donc automatiquement une économie de 32,85 % sur la consommation de gaz constatée lors du réglage sur l'autoclave vide. Le même appareil, chargé à plein de cigarettes, n'en recevra que 1.200 kgs, représentant un volume réel voisin de 0 m³ 860. L'économie sur le tabac est donc beaucoup plus faible, de l'ordre de 8,5 % seulement.

Méthode des introductions simultanées, suivie de l'élimination de l'air résiduel.

On peut, semble-t-il, reprocher à la méthode précédente la persistance dans le haut du tank d'une quantité d'air pur résiduel représentant l'air qui reste après l'aspiration à 670 mm. et équivalant aux 90/740 (12 %) du volume total. Il semblerait a priori qu'on puisse facilement éliminer ce

Marchandise	Densité réelle	Volume réel de 100 kgs (en l.)
Courgette séchée	1,41	71
Chocofruit (mélange de cacao et sucre de raisin)	1,31	71,5
Blé	1,3	72
Orge	1,4	71,5
Avoine	1,18	85
Lentilles	1,38	72,5
Haricots	1,32	76
Soya	1,23	81,3
Pois	1,32	76
Fèves	1,33	75,5
Maïs	1,25	80
Sarrasin	1,46	68
Sorgho	1,39	72
Vesces	2,1	47,5
Ricin	0,93	107
Graines de coton	1,11	90
Graines de trèfle (d'Alexandrie)	1,38	72,5
Graines de betterave	0,820	121
Graines de moutarde	1,16	86,2
Farine de blé	1,11	90
Tabac manufacturé (cigarettes en paquets, papier d'emballage compris)	1,4	71,5
Coprah	1,05	95,2
Foie séché d'AOF	1,45	69

défaut en faisant suivre la rentrée du mélange gazeux d'une nouvelle aspiration sur 90 mm. de vide. L'air résiduel flottant, en quelque sorte, au-dessus de la masse gazeuse insecticide plus lourde que l'air, et l'orifice d'aspiration se trouvant dans le haut, on devrait ainsi, théoriquement, aspirer tout cet air résiduel. Nos essais ont donc consisté à effectuer un vide de 90 mm. aussitôt après avoir introduit le mélange gazeux jusqu'aux 20 mm. habituels, portant donc le vide à 110 mm. Nous avons pu, en opérant ainsi, faire diverses remarques :

Tout d'abord, la régularité de l'efficacité insecticide, c'est-à-dire l'homogénéité du mélange gazeux, aux divers niveaux, n'est nullement modifiée par cette technique. Ensuite, **dès le début** de l'aspiration, la pompe rejette un mélange riche en gaz et non de l'air pur, ce qui démontre l'homogénéité avant pompage de l'atmosphère intérieure jusqu'en haut de

Il faut ajouter à cette liste les densités suivantes, déterminées par **J. D. Jones** en 1943 (41).

Marchandise	Densité réelle	Volume réel de 100 kgs (en l.)
Son	1,23	81,5
Farine d'avoine	1,43	70
Farine de blé	1,42	70,5
Riz	1,47	68
Tapioca	1,42	70,5
Haricots	1,42	70,5
Café en grains	1,24	80,5
Arachides	1,08	92,5
Graines de lin	1,13	88,5
Lait en poudre	1,25	80
Graines de coriandre	1,04	96

La méthode de **Jones** donne des résultats assez voisins de ceux que nous avons obtenus par la méthode densitométrique ordinaire, par immersion de l'échantillon et mise sous vide. Elle est en apparence simple et ingénieuse, mais l'appareillage se montre assez sensible aux variations thermiques s'il est de montage simple, assez coûteux s'il doit être parfaitement isolé. En outre et surtout, il exige un temps de repos assez prolongé après son chargement par les marchandises, pour établissement de l'équilibre thermique, et ne peut par conséquent être utilisé pour des mesures extemporanées. En pratique, la méthode densitométrique ordinaire donne des résultats que l'on peut considérer comme très voisins de la réalité, et, en tout cas, utilisables en **DVP.** Les grosses et nombreuses bulles que l'on voit sous vide dans le liquide, attachées à l'échantillon, sont constituées surtout par de la vapeur d'eau et ne représentent pas une cause d'erreur appréciable ; elles deviennent d'ailleurs invisibles, ou presque, lorsque l'on casse le vide pour faire la lecture.

l'autoclave. Enfin, les pourcentages de mortalité obtenus, en travaillant à une dose seuil, sont légèrement inférieurs à ceux obtenus par la méthode précédente. Pour les rétablir, il est nécessaire d'augmenter plus ou moins la durée de l'opération (de 15 minutes pour une opération qui demanderait normalement 1 h. 30). Cette dernière constatation peut être expliquée de deux façons. Ou bien l'aspiration complémentaire a fait disparaître, non de l'air, mais un mélange actif, et a diminué d'autant l'efficacité. Ou bien les insectes, sous 110 mm. de vide, réagissent défensivement par une respiration diminuée qui les rend moins vulnérables. La seconde hypothèse n'est pas vraisemblable ; elle se trouve en effet en contradiction avec les conclusions de **Cotton, Wagner** et **Young** (17) qui attribuent au contraire au vide une augmentation de l'activité des métabolismes respiratoires.

La première serait plus facile à admettre, des essais réalisés avec des œufs de **Lasioderma serricorne** ne donnant les mêmes résultats, avec ou sans disparition de l'air résiduel, qu'à la condition de prolonger un peu l'intoxication dans le premier cas. Des œufs en effet, ne peuvent réagir défensivement : ils ne possèdent pas de stigmates qu'ils pourraient, comme le feraient des larves, obturer à volonté. Le fait qu'ils résistent plus longtemps lorsque l'on a pompé l'air résiduel semble donc bien prouver qu'ils baignent dans une atmosphère moins concentrée en fumigant.

Nous avons, en définitive, rejeté cette méthode qui correspond à des pertes de temps et de courant électrique inutiles.

Méthode élémentaire (Fig. 2).

Celle-ci consiste, après avoir créé un vide donné, à n'introduire que le fumigant **pur.**

On conçoit immédiatement que, pour obtenir une homogénéité convenable de l'atmosphère de l'autoclave, il convient de pousser le vide aussi loin que le permettent les pompes utilisées. De très bonnes pompes du commerce, neuves, peuvent parvenir à 740 mm., mais, sitôt qu'elles sont un peu usagées, elles demandent, pour parvenir à ce vide dans un autoclave de volume approprié, 16 à 18 minutes, ce qui est trop. Pratiquement, on a intérêt, pour éviter l'emploi de pompes de trop grande puissance (ou compound) et une dépense exagérée de

force motrice, à ne pas dépasser 700 mm., ce vide devant pouvoir être atteint en 10 à 12 minutes.

Les 8 % d'air résiduel correspondant aux 60 mm. du haut de la colonne de mercure ne se mélangent pas correctement aux vapeurs lourdes introduites, de bromure de méthyle par exemple. D'autre part, le vide reste trop élevé. Ainsi, l'introduction d'une dose de 80 grammes de bromure de méthyle par mètre cube n'entraîne qu'une chute manométrique de 14 mm. 5 environ, ce qui ramène le vide sous lequel est effectuée l'opération à 655 mm. 5.

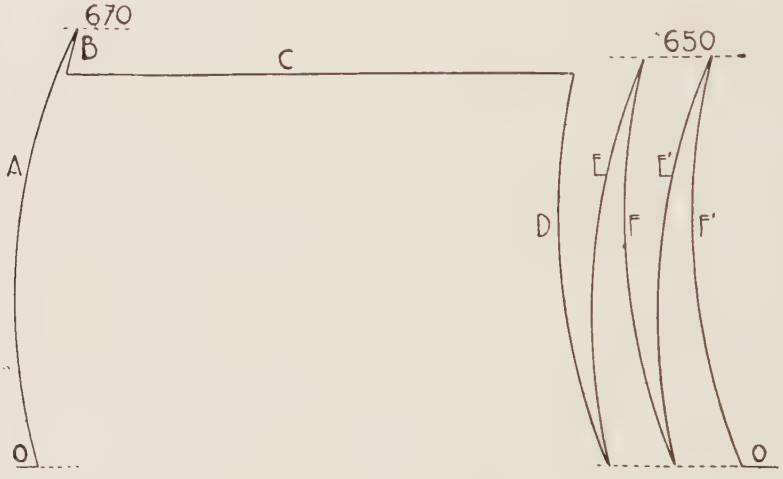


Fig. 2. — Diagramme de la méthode **élémentaire** ou **américaine.**

A : Vide de 0 à 670 mm. — B : Introduction de fumigant pur. — C : Séjour sous vapeurs (désinsectisation). — D : Introduction d'air jusqu'à 0. — E, E' : Vides de 0 à 650 mm. — F, F' : Introductions d'air pur de 650 à 0. (Orig.).

On peut formuler à l'encontre de cette méthode plusieurs critiques sérieuses.

D'abord, les plus légères fuites, inévitables à la longue dans un appareillage industriel, provoquent, sous ce vide élevé, des rentrées d'air importantes ; cet air diffuse plus ou moins complètement et se superpose en couche horizontale au bromure, rendant incertaine la désinsectisation des couches supérieures. Ensuite, expérimentalement, sans la moindre fuite appréciable,

nous avons pu constater avec le matériel de recherches de la Station-pilote de l'Insectarium, l'insuffisance de l'homogénéité en hauteur. Enfin, ce qui est le plus grave, la quantité de gaz admise, quoique semblable à celle mise en œuvre dans la méthode des introductions simultanées, manque d'efficacité en profondeur. Il ne semble pas qu'on puisse en ce cas invoquer surtout la réaction défensive des insectes, puisque ceux de la couche superficielle sont tués. L'analyse des conditions ainsi créées plaide fortement en faveur de l'hypothèse d'une bulle centrale vraiment trop volumineuse, puisque non comprimée par une entrée d'air d'appoint, les conséquences fâcheuses de ce phénomène étant comme toujours aggravées par la sorption du fumigant dans les couches superficielles de de la marchandise. La dissolution ou l'adsorption du gaz dissous ou adsorbé ne dépend en effet que de sa tension partielle dans l'enceinte ; la présence ou l'absence d'air ne peut donc modifier sensiblement ces phénomènes, du moins au point de vue de l'équilibre final.

Rôle mécanique de l'anhydride carbonique vis-à-vis de la pénétration des fumigants dans les marchandises.

Nous avons déjà signalé que, après l'entrée du mélange toxique dans l'autoclave, il se forme à l'intérieur des balles un noyau d'air pur, une « bulle » qui disparaît surtout par diffusion. Mais il ne faut pas négliger un second processus selon lequel cette bulle serait déplacée en masse par le mélange plus lourd (ou plus léger) qui l'entoure ; elle s'élève (ou s'abaisse) comme le ferait une bulle d'air immergée dans l'eau, pour sortir finalement à la partie supérieure (ou inférieure) du ballot. La présence de marchandises compactes ne peut que freiner ce mouvement vertical qui a toujours lieu à une vitesse plus ou moins grande.

Cette vitesse dépend aussi, bien entendu, de la différence de densités entre la bulle d'air pur et le mélange introduit. Suivant cette hypothèse, on peut admettre que le gaz carbonique a une influence favorable parce qu'il agit comme constituant lourd et que, en l'utilisant en grandes proportions, on introduit dans l'autoclave des mélanges différant notablement, au point de vue densité, de l'air pur.

C'est ainsi qu'on constate qu'un mélange d'air et d'oxyde d'éthylène (on prend dans ce calcul le poids spécifique de l'air égal à 1,3 et celui de l'oxyde d'éthylène gazeux égal à 2) contenant 150 grammes d'oxyde d'éthylène par mètre cube, a un poids spécifique de 1,35, l'excédent par rapport à l'air pur (qui provoque les mouvements gazeux) étant seulement de 52/1.300, ou 4 %.

Si on emploie le mélange adopté dans les stations algériennes, soit, par mètre cube, 150 grammes d'oxyde d'éthylène (75 litres), 945 grammes d'anhydride carbonique (472 l. 5) et 588 grammes d'air (452 l. 5), le poids spécifique du mélange est 1,683, et l'excédent par rapport à l'air (0,383) représente 383/1.300, soit environ 30 % en plus.

La poussée qui provoque la remontée de la bulle est donc 7,5 fois plus forte avec cette addition de gaz carbonique.

Avec le bromure de méthyle, en comparant les dosages de 80 grammes de bromure seul et de 50 grammes de bromure + 200 grammes de gaz carbonique, les poids spécifiques respectifs des mélanges sont de 1,355 et de 1,404 ; la force ascensionnelle est seulement deux fois plus élevée avec addition de gaz carbonique.

Avec le gaz cyanhydrique, plus léger que l'air (poids spécifique : 1,2), les premiers grammes de gaz carbonique **diminuent** à ce point de vue la poussée de la bulle puisqu'on peut réaliser des mélanges de ces deux gaz ayant exactement la densité de l'air (ainsi en est-il de toutes les doses contenant, en poids, 3,5 fois plus d'acide cyanhydrique que d'anhydride carbonique). Les mélanges HCN/CO^2 s'étant révélés par ailleurs sans intérêt insecticide, il est inutile d'insister sur ce sujet.

Méthode complémentaire de sécurité.

Toutes les méthodes précédemment décrites avec leurs avantages et leurs inconvénients visent, en plus de l'efficacité, la sécurité du personnel au moyen de deux rinçages d'air successifs. Il arrive cependant que cette précaution se révèle insuffisante : c'est lorsque l'on a désinsectisé à forte dose des produits particulièrement aptes à retenir des gaz tels que l'acide cyanhydrique ou le bromure de méthyle.

Ces gaz, surtout si la marchandise contient une forte proportion d'eau ou de matières grasses, sont difficiles à éliminer. Ils se dégagent lentement et continûment des sacs ou caisses traités, de telle sorte que, lors de l'ouverture des tanks, les ouvriers qui y pénètrent pour le déchargement en peuvent être mis en danger.

C'est pourquoi, dans ces cas, il est parfois prudent d'adopter la technique suivante :

Les tanks étant munis, au point le plus éloigné de l'orifice d'aspiration, d'une vanne débouchant à l'air libre, cette vanne est ouverte immédiatement après la fin de la désinsectisation. En même temps, on met la pompe en route, provoquant un violent balayage d'air **autour** des colis. Expérimentalement, on peut fixer à dix minutes la durée de l'opération nécessaire à la suite, par exemple, d'une désinsectisation massive utilisant 50 grammes d'acide cyanhydrique par mètre cube.

Il convient cependant de ne pas considérer cette méthode comme suffisante pour éliminer tout danger. Elle ne vise, en effet qu'à assainir l'atmosphère de l'autoclave pendant le court délai du déchargement et du rechargement. Si les marchandises sont ensuite entreposées dans un local étanche ou, pis encore, une cale de navire, de nouvelles quantités de vapeurs peuvent s'en dégager lentement par diffusion et rendre toxique l'atmosphère. Cette « méthode complémentaire de sécurité » n'est donc valable que pour la station de désinsectisation proprement dite ; elle ne dispense pas de précautions ultérieures qui consistent à faire séjourner la marchandise traitée dans un local bien ventilé pendant au moins deux jours, davantage si possible.

COMPARAISON ENTRE LES DIVERSES TECHNIQUES DE VIDE

Cette revue rapide des différentes techniques permet déjà d'en éliminer beaucoup. Dans la pratique actuelle, restent seules en présence celle des **introductions simultanées,** utilisée en France et aux colonies françaises, et la méthode dite **élémentaire,** adoptée par les stations américaines.

La méthode des introductions simultanées a aujourd'hui fait ses preuves, mais on peut cependant lui reprocher deux inconvénients principaux.

Tout d'abord, l'introduction, dans un colis, d'air chargé de fumigant n'implique pas que la concentration **réelle** de cet air en toxique reste égale, par la suite, à celle de l'atmosphère libre de l'autoclave. Elle est au contraire de plus en plus réduite, à mesure que l'on s'éloigne de la surface, par les phénomènes de sorption dans les couches superficielles de la marchandise ; elle l'est encore par le fait de la présence, au centre du ballot, de la « bulle d'air pur », de volume égal, pour la technique 0 — 670 — 20 (760-90-740 en pression absolue) aux 90/740, soit 12 % du volume du ballot. Ce qui représente une « bulle d'air » de près de 40 centimètres de diamètre dans une balle sphérique de 80 centimètres de diamètre. C'est dans cette bulle centrale que l'atmosphère toxique des couches périphériques va diffuser, s'appauvrissant donc théoriquement de 12 %. Si l'on considère que c'est précisément au contact de la bulle que se trouvent les couches périphériques les moins chargées en fumigant, on conçoit que la diffusion jusqu'au cœur du ballot d'une atmosphère suffisamment toxique exige que la concentration initiale soit beaucoup plus élevée qu'il ne serait nécessaire in vitro. Ainsi, à titre d'exemple, peut-on noter que **Calandra oryzae** adulte est tué, in vitro, par un séjour de 36 minutes dans une atmosphère à 80 g./m^3 de bromure de méthyle ; il faut 1 h. 30, soit trois fois plus de temps, pour obtenir le même résultat dans un sac de grain et à la même température (15/16°). Avec l'oxyde d'éthylène, si avide d'eau, la disproportion est plus forte encore : s'il ne faut que 8 minutes in vitro avec 150 g./m^3, il faut 1 h. 30 dans un sac de grain (et encore, dans ce dernier cas, l'oxyde d'éthylène est-il additionné de 945 g./m^3 de gaz carbonique qui en augmente considérablement l'efficacité). Le rapport est alors de plus de 10.

Un autre inconvénient réside dans une certaine complexité du matériel qui doit satisfaire à des nécessités précises de stockage du fumigant et de réglage des débits gazeux ; de multiples perfectionnements et simplifications ont heureusement été apportés, de telle sorte que le matériel est devenu de manœuvre facile et pratiquement indéréglable.

La méthode élémentaire est évidemment tentante parce que plus simple, tant au point de vue du matériel que des manipulations ; cependant, outre les inconvénients signalés au cours de son étude, nous n'avons pas obtenu avec elle des résultats pratiques aussi satisfaisants, toutes choses égales par ailleurs. Elle laisse, en effet, subsister une énorme bulle centrale (diamètre de 76 centimètres pour un ballot sphérique de 80 centimètres de diamètre et pour un traitement au bromure de méthyle à 80 g./m^3) ; il faut, pour obtenir de bons résultats, mettre en œuvre, soit des doses, soit plutôt des durées d'exposition plus grandes qu'avec la méthode des introductions simultanées.

Nous avons expérimenté une **méthode mixte,** techniquement avantageuse, qui consiste à introduire dans un autoclave muni de brasseurs d'air, tout d'abord une grosse fraction (1/2) du fumigant **seul,** puis à faire tomber le vide jusqu'à 20 mm. en incorporant à l'air rentrant, selon la méthode des introductions simultanées, l'autre fraction du fumigant. On crée ainsi initialement dans l'autoclave un mélange beaucoup plus riche que ne doit l'être la concentration définitive des espaces restés libres dans le tank. Une partie, faible d'ailleurs, de ce mélange à concentration élevée, homogénéisé par les brasseurs d'air, pénètre dans les couches superficielles des ballots. L'introduction simultanée qui suit l'enfonce de plus en plus profondément. Mais elle affaiblit à mesure en même temps la concentration de l'atmosphère libre et celle des couches qui pénètrent successivement dans les marchandises. En fin d'introduction, elle est nettement inférieure à la moitié de la concentration moyenne calculée. L'air entrant dans les ballots est donc à une concentration de plus en plus faible, à mesure que l'on se rapproche des couches superficielles. En d'autres termes et théoriquement, on trouve à partir du centre d'une balle sphérique : une bulle d'air pur ; une première zone sphérique périphérique à concentration très élevée, mais peu épaisse ; une seconde zone sphérique allant de la précédente jusqu'à la surface, et qui comporte des zones sphériques concentriques de concentrations s'affaiblissant graduellement vers l'extérieur.

Cette disposition des couches successives est excellente, puisque la mise en contact direct de la bulle d'air pur et de

la première zone sphérique à haute concentration permettra la création rapide par diffusion d'une atmosphère suffisamment toxique au cœur de la balle. En outre, les concentrations croissantes de l'extérieur vers l'intérieur de la seconde zone sphérique périphérique constituent un moyen préventif excellent contre la sorption par la marchandise, les quantités sorbées étant normalement plus importantes dans les couches extérieures que dans les couches intérieures. Quant à la faible concentration finalement réalisée en surface des ballots, elle suffit toujours, avec les doses ordinairement fixées, pour tuer les insectes qui se trouvent alors à peu près dans les conditions d'une expérimentation in vitro.

Pour séduisante que soit cette technique, et malgré les bons résultats qu'elle a donnés aux essais, nous la considérons plutôt comme un procédé de laboratoire et ne l'avons finalement pas adoptée. Elle met en effet en œuvre, d'abord la totalité du matériel qu'exige la méthode des introductions simultanées et nécessite, en outre, l'adjonction de puissants brasseurs d'air aux autoclaves. Elle complique les opérations, en faisant précéder l'introduction simultanée d'air et de fumigant par l'introduction d'une fraction de la dose de fumigant pur ; le bénéfice de l'automaticité absolue des dosages disparaît ; des erreurs de calcul ou d'inattention, dangereuses pour le personnel, la marchandise ou l'efficacité, deviennent possibles.

La méthode des introductions simultanées nous semble, pour le moment du moins, et depuis 1930, concilier au mieux les deux facteurs d'efficacité et de commodité.

FACTEURS D'EFFICACITE DE LA DESINSECTISATION SOUS VIDE

HUMIDITE — TEMPERATURE

La littérature spéciale comporte de très nombreux travaux concernant l'influence de l'humidité et de la température sur la résistance des insectes aux fumigations. En admettant comme exacte [8] la formule de Haber $T \times D = C$ (D repré-

(8) Cette loi se traduirait, sur un quadrillé normal, par une hyperbole équilatère et, sur un quadrillé logarithmique, par une droite parallèle à la

sentant le dosage mis en œuvre, T le temps d'exposition au fumigant et C une constante qui est la « constante de Haber »), nous constatons qu'une telle formule n'est valable que dans des conditions de température et d'humidité semblables. La constante est d'autant plus faible, c'est-à-dire la toxicité d'un fumigant d'autant plus grande, que la température est plus élevée, à condition bien entendu de ne pas dépasser des limites biologiquement raisonnables ; un optimum existe qui se situe, d'une façon générale et selon les espèces, entre 30 et 40°.

L'humidité joue également son rôle ; la figure 3 présente deux diagrammes qui font ressortir nettement son influence. Il est à noter cependant que, dans la pratique, on peut à la rigueur faire varier la température, l'augmenter le plus souvent, pour accroître l'efficacité insecticide, mais qu'il n'en est pas de même de l'humidité. Le degré hygrométrique à considérer n'est pas celui de l'ambiance, mais bien celui de l'intérieur des colis, ce dernier étant lui-même fonction d'un équilibre physique entre la teneur en eau de la marchandise et

base d'un triangle isocèle dont les côtés égaux seraient représentés par les axes des T et des D. Mais il résulte, aussi bien de nos propres diagrammes expérimentaux que de ceux de nombreux autres auteurs, que la loi de corrélation n'est pas aussi simple.

Le fait que la courbe prend sur quadrillé logarithmique l'allure d'une droite veut dire que les grandeurs T et D sont liées par une relation $T \times D^a = C$, où a et C sont des constantes.

Mais a n'est pas égal à 1 si la droite n'est pas parallèle à la base du triangle.

D'autre part, plusieurs droites parallèles correspondent à des valeurs de C différentes et à des valeurs de a égales.

Voici les valeurs de a et de C d'après les courbes obtenues in vitro dans notre laboratoire à 15/16° sur **Calandra oryzae** adulte pour l'oxyde d'éthylène et l'oxyde de propylène.

Pour l'oxyde d'éthylène, la relation est :

$$T \times D^{0,878} = 1.050$$

Pour l'oxyde de propylène, elle devient :

$$T \times D^{0,878} = 2.100$$

Il y a beaucoup de raisons pour que, en ce qui concerne deux substances présentant une grande similitude dans leur mode d'action, et chimiquement aussi voisines que les oxydes d'éthylène et de propylène, l'exposant de D soit le même. On peut l'admettre sans grandes chances de se tromper et alors la valeur de C deviendrait un véritable **indice de toxicité,** la toxicité étant bien entendu d'autant plus forte que l'indice est plus faible.

celle de l'air intergranulaire où vivent les insectes. Nous ne pouvons guère par conséquent, à moins de mouiller ou de sécher la marchandise, modifier utilement le degré hygrométrique. L'humidité est donc un facteur qui intervient effectivement dans l'efficacité, mais dont l'étude est de peu d'intérêt puisque nous ne pouvons le modifier à notre profit.

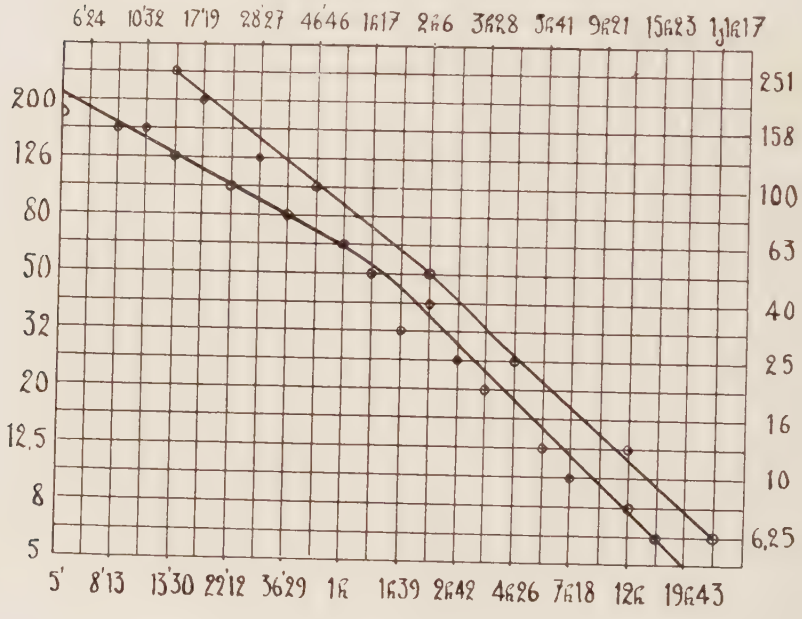


Fig. 3. — Influence de l'humidité de l'air sur l'efficacité de l'acide cyanhydrique.

Dosages et durées d'exposition mortels pour **Calandra oryzae** adultes in vitro à 15° C. La courbe de gauche a été obtenue avec de l'air à 75 % d'humidité, celle de droite avec de l'air ramené à 15 %. Les progressions des doses et des temps sont logarithmiques. (Orig.).

Il n'en est pas de même de la chaleur. Il est impossible dans le cadre de ce travail de passer en revue toutes les études faites à ce sujet, études qui, par ailleurs, présentent autant d'intérêt pour la désinsectisation à pression atmosphérique que pour la **DVP.** Mais l'importance de ce facteur est telle qu'il convient de souligner quelques-unes des données principales du sujet.

Il est bien certain qu'un facteur écologique comme la température n'a pas d'incidence **directe** sur l'efficacité des fumigations. Il n'agit qu'en activant les phénomènes vitaux des animaux dits « à sang froid », c'est-à-dire leurs métabolismes de base et leurs mouvements internes et externes.

Au premier rang de ces métabolismes se place la respiration. Etant donné qu'une masse de matière vivante doit, pour être intoxiquée, absorber une quantité déterminée **n** d'un produit toxique, il est bien certain que l'intoxication sera plus rapide si la quantité d'air empoisonné absorbée par minute est de **n**/10 que si elle est de **n**/60. La mort surviendra, dans le premier cas, en 10 minutes, dans le second en une heure.

Il en sera de même pour des œufs, des nymphes, des insectes en diapause, où aucun mouvement d'ensemble n'est extérieurement constatable. Nous comprenons alors pourquoi il est plus difficile, contrairement à une opinion assez répandue, de tuer des œufs très jeunes, dont la segmentation et ses métabolismes consécutifs n'ont pas commencé, que des œufs où l'embryon est en voie active de formation. Une chaleur optima accélérera les métabolismes, les déclanchera même pourrait-on dire, si la température initiale était assez basse pour qu'on puisse les considérer comme négligeables.

Osburn et **Lipp,** entre autres, ont mis en évidence ces faits (20) en utilisant comme insecte d'essai **Popilia japonica** et comme fumigant l'oxyde d'éthylène.

A 16 g./m^3/1 h. et à 24°, la mortalité n'était que de 54 %. Elle passait à 93 % à 27°. La mortalité était donc considérablement accrue pour une élévation de température de 3° seulement.

A la même dose, mais avec une durée de fumigation de deux heures, ils obtinrent 90 % à 18°, et 96 % à 21°.

Il leur fallut monter à 27° pour parvenir à 100 %. (Notons au passage la notion particulièrement importante en biologie appliquée de la résistance « exceptionnelle » des individus « exceptionnels ». Pour tuer les individus restés vivants à 21°, soit 4 % seulement du lot entier, il fallut augmenter la température de 6° alors que, dans l'expérience précédente, une augmentation de 3° correspondait à un gain de mortalité de près de 40 % du lot).

Des essais différents furent effectués par **Cotton** (21) dans le même but avec, comme espèce d'essai, **Tribolium confusum,** l'oxyde d'éthylène étant également le fumigant choisi. Les conclusions obtenues corroborent celles d'**Osburn** et **Lipp,** mais sont aussi plus complètes et présentent pour la pratique un vif intérêt. Cinquante sujets étaient chaque fois traités pendant trois heures. On prenait soin de les maintenir plusieurs jours auparavant à la température à laquelle devait avoir lieu l'essai. **Cotton** constata que, pour obtenir la mortalité totale, il fallait : 22 g./m³ à 27° — plus de 35 g./m³ à 21° — 133 g/m³ à 10°, soit six fois plus qu'à la température initiale de 27°.

Si l'on considère l'échelle des concentrations essayées comme l'inverse de l'indice respiratoire, ces résultats confirment de façon singulièrement précise les données de **Battelli** et **Stern** (22). Ceux-ci, opérant sur des mouches, ont trouvé que la consommation en millimètres cubes d'oxygène par gramme d'animal et par heure était environ de 1.000 à 10°, de 3.200 à 21°, de 4.900 à 27°, soit 4,9 fois plus à 27° qu'à 10°.

En outre de ces bases élémentaires et importantes, il faudra toujours tenir compte, dans la pratique de la **DVP** où le séjour dans les autoclaves est très court, d'un écueil particulièrement sérieux que **Cotton** (21) a signalé le premier. Il a noté que les métabolismes d'un insecte, c'est-à-dire sa facilité d'intoxication, ou encore sa « réponse au fumigant », ne se déclanchent pas **aussitôt** qu'il est soumis à une température déterminée. Il lui faut, pour atteindre une sorte d'équilibre entre cette température et ses propres métabolismes particuliers à cette température, un certain délai qui est de plusieurs heures et se trouve, dans la pratique, d'autant plus long que la marchandise-hôte est plus volumineuse, plus calorifuge, et sa température plus éloignée de celle de l'ambiance finale cherchée.

A titre d'exemple, rappelons ces expériences. **Cotton** soumit pendant plusieurs jours deux lots de **Tribolium confusum** adultes, l'un à une température de 10°, l'autre à 24° ; il les traita ensuite in vitro pendant trois heures à la température de

10° à l'oxyde d'éthylène. Il fallut, pour tuer les premiers, 113 g./m³, tandis qu'il suffisait de 53 g./m³ pour les seconds.

Une expérience inverse confirma la première. Il soumit plusieurs jours de suite deux lots des mêmes insectes, l'un à 26°5, l'autre à 10°, et les traita ensuite in vitro trois heures à 26°5 à l'oxyde d'éthylène. Il suffit, pour tuer les premiers, de 22 g./m³ ; 40 g./m³ s'avérèrent nécessaires pour les seconds.

Un technicien averti doit donc toujours considérer que les insectes « répondront », non pas à la température relevée dans les autoclaves, mais à celle des locaux où les marchandises se trouvaient entreposées une douzaine d'heures et même une journée auparavant.

Une dernière incidence enfin de la température mérite d'être signalée, car elle accroît encore l'effet favorable de la chaleur et défavorable du froid. Il s'agit d'une influence purement physique sur l'absorption du fumigant par la marchandise.

On sait que les corps absorbants (eau et matières grasses pour l'oxyde d'éthylène et l'acide cyanhydrique, matières grasses pour le bromure de méthyle) se saturent d'autant mieux par dissolution du fumigant que la température est plus basse (9). A température élevée au contraire, les quantités absorbées sont beaucoup plus faibles ; le fumigant, moins retenu par les couches superficielles, pénètre plus profondément et l'efficacité à cœur est meilleure.

IMPORTANCE DE LA CONSTITUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES MARCHANDISES

Ce qui précède intervient en ce qui concerne la constitution même des marchandises. Celles-ci absorberont d'autant plus de fumigant qu'elles contiendront une proportion plus grande de **solvants de ce fumigant ;** lors de sa pénétration de l'extérieur vers l'intérieur, le mélange fumigant/air sera « filtré » par les couches superficielles ; du bromure de méthyle par

(9) La « vitesse de dissolution » est bien entendu influencée dans certaines limites par les causes inverses. Mais son effet est sans intérêt pratique dans le cas qui nous occupe, car il est quantitativement insuffisant pour modifier le sens des résultats dus au phénomène de la saturation.

exemple se trouvera électivement fixé, ou plutôt dissous, par les couches superficielles d'un grignon oléagineux. Vers le cœur d'un colis ne s'acheminera plus, du fait de l'effet de piston produit par la rentrée d'air dans l'autoclave ou par diffusion simple, que de l'air en grande partie débarrassé du fumigant qu'il véhiculait à l'origine. Le traitement manquera d'efficacité.

En pratique, il ne peut évidemment être question d'analyser, lors de chaque opération, la teneur en eau ou en lipides — les deux solvants ordinaires — des marchandises à traiter. Mais il est des règles empiriques dont on a reconnu l'exactitude. Ainsi sait-on parfaitement aujourd'hui que des fumigants solubles dans l'eau, tels l'oxyde d'éthylène et l'acide cyanhydrique, parviennent à pénétrer de façon satisfaisante dans des marchandises assez chargées en eau (figues, dattes et autres fruits secs), mais qu'ils sont presque totalement « filtrés » si, par aventure, les colis ont été mouillés par la pluie. Pour l'acide cyanhydrique même, que l'on emploie à peu près exclusivement en France pour des végétaux vivants, on n'ignore pas que sa dissolution dans l'eau de surface de feuilles mouillées est assez importante pour provoquer ultérieurement des brûlures graves et même la mort des organes.

Il en sera de même pour la désinsectisation de sacs d'arachides par le bromure de méthyle. Le bromure se dissoudra dans les couches périphériques et la faible concentration parvenant à cœur des sacs n'aura un effet insecticide convenable que si la durée d'exposition est considérablement augmentée, dans la proportion de 1 h. 30 à 10 h. et même 14 h. La meilleure solution est de le remplacer par un autre fumigant moins soluble. Le même bromure ne parviendra à débarrasser de ses acariens la farine — corps à faculté de sorption élevée — que s'il est utilisé à la dose déjà considérable de 125 g./m^3 pendant une durée variant de 1 h. 15 à 2 h. 30 selon la température.

La **compacité** de la marchandise est encore un facteur physique qui, en accentuant l'influence des précédents, exerce par conséquent une action importante sur l'efficacité des traitements.

Il convient tout d'abord de définir nettement ce que l'on doit entendre par compacité. Dans le sens ordinaire du mot,

on applique surtout ce terme à du nougat, du chocolat, des pâtes de figues ou de dattes, etc... Mais, en examinant les produits au strict point de vue de la **DVP,** on peut lui donner un sens plus large, avec deux possibilités : ou la marchandise est effectivement compacte, c'est-à-dire qu'elle ne comporte ni vacuoles, ni canaux anastomosés remplis d'air de façon appréciable ; ou elle est au contraire composée de fines particules étroitement accolées les unes contre les autres, comme les farines.

Les deux cas sont fort différents en ce qui concerne la présence des insectes. Des pâtes de figues par exemple, moulées en pains, ne sont jamais attaquées que très superficiellement, les insectes présents dans les figues lors du passage à la boudineuse ayant été tués par la compression (10) ou enfermés dans la masse où ils sont morts asphyxiés ; c'est en surface que sinuent les galeries, que se trouvent les teignes, pyrales ou Carpophilus. Même si, par hasard, et la chose est rare, une larve s'est enfoncée dans la masse, elle reste reliée à l'extérieur par une galerie qui permet le renouvellement de l'air. Tous ces insectes sont donc très vulnérables à la **DVP,** d'autant plus qu'il s'agit presque toujours de pains de faible importance, de 500 grammes souvent.

En cas d'ensachage récent, des insectes peuvent au contraire se trouver bien vivants au cœur des balles contenant de la fine semoule, des farines de bananes, de céréales, de légumes secs, etc... (ils tendent d'ailleurs à émigrer assez vite vers la périphérie). En outre, on peut constater expérimentalement que l'importance de la sorption croît avec l'**état de division** de la marchandise, que l'on doit évidemment considérer comme un facteur de compacité, cette dernière étant d'autant plus grande que la division est plus fine.

Nous avons effectué à ce sujet de nombreux essais qui nous ont permis de tirer des conclusions suffisamment précises au point de vue pratique. Ceux-ci ont nettement prouvé que la

(10) Pour être plus exact, il convient de préciser que les insectes ne sont pas tués parce que comprimés, même très fortement. La compression provoquée par une boudineuse ne parvient à ce résultat qu'en raison de l'irrégularité même de ses actions locales, irrégularité qui provoque, par endroits, des lésions internes mortelles.

difficulté de la désinsectisation, c'est-à-dire de la pénétration du fumigant, est en rapport direct, non pas surtout avec la compression, mais avec l'état de division de la marchandise, celui-ci correspondant à une surface développée plus ou moins grande et facilitant donc plus ou moins les phénomènes d'absorption et d'adsorption.

Prenant par exemple des corps à base de farine de blé, on peut vérifier que l'efficacité en profondeur, parfaite pour le blé en grains, les macaronis, nouilles et toutes autres grosses pâtes alimentaires, diminue déjà légèrement avec les plus petites pâtes à potage. Elle devient de plus en plus mauvaise avec le couscous, le son, la semoule et, enfin et surtout, la farine.

En prenant pour bases les pourcentages de mortalité constatés à 30 centimètres de profondeur dans la masse (soit dans des emballages dont la plus petite dimension mesure 60 centimètres) sur des larves de **Lasioderma serricorne** (choisies parce que particulièrement résistantes) et obtenus à 15° au moyen du mélange oxyde d'éthylène (150 g./m³) + gaz carbonique (945 g./m³), avec un vide préalable de 670 mm., on a pu établir les « valeurs de pénétration » suivantes :

Fruits secs en caisses ou en sacs	100
Graines non oléagineuses diverses (diamètre supérieur à 2 mm.)	100
Tabac en feuilles (à 18 % d'humidité)	100
Pâtes alimentaires grosses	100
Pâtes alimentaires fines	95
Tabac haché et torréfié	80
Couscous	40
Gros son de blé tendre	30
Semoule	20
Farine	0

Ces chiffres n'ont évidemment qu'une valeur comparative et se trouveraient fortement améliorés si l'on utilisait comme sujets, à la place de **Lasioderma serricorne,** des adultes de **Calandra oryzae.** Ils n'en sont pas moins intéressants en ce qu'ils font ressortir l'atténuation considérable des concentrations quand l'air véhiculant le fumigant a traversé une couche filtrante finement divisée de quelque épaisseur.

La sorption par la marchandise joue donc, pour les marchandises compactes en particulier, un rôle de premier plan ; c'est pourquoi la désinsectisation des fines semoules et des farines par exemple ne peut être obtenue de façon régulière et certaine qu'en renforçant le traitement ordinaire, selon la méthode déjà indiquée.

Même en ce qui concerne des produits a priori peu absorbants, tels que des figues, le phénomène reste quantitativement important et il a dû en être tenu le plus grand compte dans l'établissement de la « dose pratique ».

Celle-ci, réglée une fois pour toutes, comportait avant la guerre, par mètre cube d'atmosphère libre, 150 grammes d'oxyde d'éthylène et 945 grammes de gaz carbonique, ce dernier excitant les métabolismes respiratoires des insectes au point que l'on peut comparer l'action insecticide de cette dose complexe à une dose d'oxyde d'éthylène seul de 250 g./m³

Des conclusions très intéressantes sont à déduire de ce fait.

Une dose de 250 g./m³ tuerait in vitro les vers des figues en cinq minutes. Or, la durée de séjour sous vapeurs des caisses emplissant un autoclave ne peut être inférieure à une heure pour obtenir un résultat satisfaisant (la durée pratique est fixée aux environs de 1 h. 15 pour les températures comprises entre 15 et 20°, un séjour d'une heure laissant parfois subsister quelques œufs et même des larves). D'autre part, in vitro et à la même température, les insectes des figues sont tués en une heure par une dose-seuil de 30 g./m³ d'oxyde d'éthylène pur, ou 20 grammes quand son action est renforcée par la présence d'anhydride carbonique.

C'est donc bien à cette dernière concentration de 20 g./m³ qu'ils se trouvent en réalité exposés à l'intérieur des caisses de figues et la plus grande partie des 130 grammes manquants a été absorbée par les fruits des couches plus extérieures. On ne peut toutefois estimer que ces 130 grammes sont complètement absorbés car, malgré la précaution importante que constitue la mise en œuvre du vide préalable, l'homogénéisation de l'atmosphère dans les marchandises n'est certainement pas parfaite : l'air pur qui y reste après intervention du vide de 670 mm. joue le rôle de diluant comme il a déjà été dit.

Théoriquement, il faudrait donc tenir compte de la puissance de sorption des marchandises traitées, c'est-à-dire de leur état de division, de leur teneur en solvants du fumigant employé, de la température des marchandises traitées et, un peu, de celle de l'ambiance. La chose est industriellement impossible.

INFLUENCE DU COEFFICIENT DE REMPLISSAGE DES AUTOCLAVES

Sur le plan industriel encore, il convient de rappeler que nombre de techniciens, effrayés par la chute de concentration en toxique que décèle l'analyse chimique dans l'atmosphère **libre** de l'autoclave, en ont conclu que le traitement, pour une quantité de gaz donnée dans un autoclave donné, était d'autant moins efficace que l'autoclave était plus rempli, l'atmospère libre étant, en ce cas, moins chargée de toxique. Ils ont voulu surmonter la difficulté en augmentant les doses en fonction de la quantité des marchandises contenues dans l'autoclave.

Cette conception, inexacte dans son principe comme il est démontré plus loin, soulève en outre une grave difficulté matérielle, relative au maintien de l'homogénéité du mélange gazeux introduit dans l'appareil. Cette homogénéité, absolument indispensable pour éviter l'apparition de stratifications gazeuses et d'inégalités d'efficacité, n'a pu être obtenue que par l'emploi de diaphragmes calibrés débitant les gaz en proportions constantes aux diverses pressions. Ces diaphragmes, établis une fois pour toutes, débitent donc les gaz ou vapeurs en fonction du volume **réellement libre** de l'autoclave (volume de l'autoclave vide diminué du volume réellement occupé par la marchandise). Ils débitent donc d'autant moins de gaz que le tank contient davantage de marchandise.

Ce procédé semble préférable, contrairement à la théorie précitée.

Examinons en effet ce qui se passe dans un autoclave au moment de l'introduction des gaz. A ce moment, la pénétration s'effectue presque instantanément et simultanément dans l'intérieur de tous les colis, et le mélange gazeux qui les pénètre a sensiblement la composition exacte du mélange

introduit dans l'autoclave, les phénomènes d'absorption n'ayant pas eu le temps matériel de jouer. Une fois l'autoclave revenu à une pression voisine de la pression atmosphérique, nous savons que les échanges gazeux entre l'extérieur et l'intérieur de chaque colis sont réduits à un minimum pratique très faible (sans quoi l'emploi du vide serait absurde). A partir du moment de cette pénétration du mélange gazeux extérieur dans chaque colis vont jouer progressivement, et pendant toute la durée du traitement, les différents phénomènes perturbateurs dont nous avons déjà parlé. Par conséquent, chaque colis, ayant soutiré à l'atmosphère ambiante une quantité proportionnelle à l'espace rempli d'air qu'il contient, il n'y a aucun intérêt à modifier la composition de cette atmosphère ambiante en fonction du plus ou moins grand nombre de colis que peut contenir l'autoclave. Ce sont de **très lents** échanges avec l'atmosphère extérieure aux colis qui vont réduire peu à peu la concentration en insecticide de cette atmosphère libre, phénomène qui ne présente aucune importance quant à l'efficacité finale de la méthode.

Pour mieux fixer les idées, supposons que nous trempions des caisses remplies de sable dans une cuve remplie d'eau salée. Il suffit qu'il y ait assez d'eau de mer pour obtenir, dans tous les cas, un traitement identique, et nous n'avons pas à nous préoccuper de saler plus ou moins l'eau suivant que nous immergeons plus ou moins de caisses de sable. Supposons ensuite que chaque caisse de sable contienne un corps susceptible de décomposer partiellement le sel après qu'il y aura pénétré à l'état dissous. La quantité de sel que nous retrouverons au bout d'un certain temps dans chaque caisse sera indépendante du nombre de caisses immergées, à moins que nous ne prenions des dispositions pour assurer pendant l'immersion un renouvellement actif des quantités d'eau imprégnant le sable.

L'idée de modifier la composition du mélange gazeux en fonction de la quantité de marchandises introduites dans l'autoclave n'aurait donc de sens que si, pendant toute la durée du séjour des marchandises sous gaz, des dispositions efficaces pouvaient être prises pour assurer le maintien de l'homogénéité absolue de l'atmosphère, tant autour qu'à l'intérieur des colis. Or, ceci n'est pas possible, sinon on pourrait

aussi bien assurer dès le début cette homogénéisation sans avoir recours au vide [11].

En conclusion, si l'on analyse exactement les conditions de répartition de l'atmosphère et des marchandises dans un autoclave, on peut dire seulement qu'il y aurait intérêt à augmenter les doses de fumigant en fonction de la quantité de marchandise par unité de volume **à l'intérieur des colis à traiter** et probablement aussi, de la surface de contact, par unité de volume, entre atmosphère et marchandise, toujours **à l'intérieur de ces colis.** C'est ce qui a été réalisé en pratique par l'adoption de **doses de sécurité** largement calculées pour répondre aux cas les plus critiques. Les stations d'Algérie, par exemple, utilisent, en oxyde d'éthylène ou en bromure de méthyle, des dosages qui sont respectivement de 150 ou de 80 g./m^3 alors que les concentrations-seuils moyennes sont 100 et 50 g./m^3 pour des durées d'exposition en général voisines de 1 h. 30.

DETERMINATION DU VIDE INITIAL EN FONCTION DE L'HABITAT DES INSECTES

La technique de vide la plus fréquente comporte un vide de pointe de 670 mm., l'introduction consécutive de la quantité nécessaire du mélange fumigant/air étant réglée par les diaphragmes de façon à faire retomber le vide à 20 mm. de mercure.

Il est cependant un cas où cette technique s'avère insuffisante : c'est lorsque les insectes se trouvent réfugiés dans des logettes de perméabilité très réduite. Les bruches des légumineuses par exemple, dont la plupart des espèces ont pénétré dans les fruits verts à l'état de larves néonates, ne se trouvent reliées à l'extérieur que par une galerie si étroite et si obstruée que l'on peut se demander comment elle permet

(11) Cette théorie est, par contre, valable pour les désinsectisations à pression atmosphérique, dans lesquelles les échanges d'atmosphère entre ambiance et colis constituent le seul moyen de pénétration du fumigant. Mais on remarquera que la lenteur de ces échanges, implicitement admise, a conduit les usagers à admettre pour ces opérations des délais de 24 heures et davantage, absolument inadmissibles en **DVP.**

encore les échanges atmosphériques indispensables à la respiration.

Nous ne sommes parvenus à obtenir la mortalité totale qu'en portant, tout d'abord, le vide initial de 670 à 720 mm. et, ensuite, en laissant les légumes secs soumis à ce vide pendant un délai de dix minutes au moins, et plutôt un quart d'heure. Il est probable que cette durée suffit pour permettre l'établissement des équilibres de pression entre les logettes et l'extérieur, ce qui autorise ultérieurement l'entrée du fumigant en quantité suffisante à l'intérieur de chaque logette.

Ce procédé augmente bien entendu d'autant la durée des désinsectisations et déséquilibre parfois un peu le rythme et la fréquence des opérations dans une station travaillant à plein rendement ; mais il est impossible pour l'instant de faire autrement.

La méthode présente en outre, avec l'appareillage réglé une fois pour toutes, un autre inconvénient qui est d'ordre économique. Si, par exemple, le dosage en bromure de méthyle a été réglé à 80 g./m^3 pour la chute de vide ordinaire de 650 mm. (de 670 à 20), il se trouve porté à 86 grammes environ, soit près de 8 % en plus lorsque la chute de vide est de 700 mm. (de 720 à 20).

Dans une station bien dirigée, qui traite simultanément des marchandises diverses, on réduit souvent à un minimum, et parfois on parvient à supprimer les inconvénients précités. Les légumes secs passent en « opération de nuit », c'est-à-dire qu'ils restent dans les autoclaves pendant la période de repos, de 18 heures à 7 ou 8 heures du matin, soit un délai de 13 à 14 heures. Cette longue durée permet de reprendre le dosage normal, qui correspond à une chute de vide de 650 mm en adoptant la technique de vide : 0 — 720 (15') — 70 (nuit) — 0 — 650 — 0 — 650 — 0. Ainsi garde-t-on le bénéfice du vide poussé initial, sans cependant augmenter la dépense habituelle en fumigant.

IMPORTANCE DE LA NATURE DES EMBALLAGES

La plupart des larves ou adultes qui ont évolué dans un emballage clos le criblent de trous **de dedans en dehors,** le moment de la nymphose ou de l'accouplement venu, pour

effectuer la pariade à l'air libre. Tous les praticiens ont pu voir au cours de leur carrière, parfois déchiquetés, parfois perforés comme à l'emporte-pièce, des sacs de cellophane ou de papier, des boîtes de carton ou de contre-plaqué, et même des plaques de plomb épaisses de plusieurs millimètres.

Mais on doit considérer comme un principe fondamental de la conservation des marchandises le fait que **tous les insectes marquent de la répugnance à perforer les mêmes enveloppes de dehors en dedans.** Si développé que soit l'instinct qui pousse une pondeuse à déposer ses œufs sur la denrée destinée à ses larves, elle cheminera inlassablement à la surface d'un emballage bien clos pour y chercher une fissure favorable, une solution de continuité lui permettant de s'y glisser ; si mince et si fragile que soit l'enveloppe, elle n'utilisera pas ses mandibules pour passer au travers (12). Nous avons plusieurs fois vérifié le fait en **suspendant,** dans des cages d'élevage de **Lasioderma serricorne,** des sachets de papier de soie **collés** contenant du tabac, préalablement désinsectisé. Jamais un de ces sachets, au cours des mois suivants, n'a été percé ni contaminé. Et l'on sait cependant avec quelle facilité des Lasiodermes peuvent perforer à leur naissance des étuis à cigares en cuir épais et même des boîtes en contre-plaqué.

Deux conséquences résultent de ce principe :

1° La protection d'une marchandise contre la réinfestation est parfaitement assurée par une enveloppe continue.

2° La solidité de cette enveloppe, c'est-à-dire son épaisseur et sa résistance, n'a qu'une valeur défensive relative.

Sont donc à rejeter, pour la protection des marchandises traitées, beaucoup des emballages actuels : caisses dont le contenu en vrac n'est recouvert que par un papier sommaire-

(12) Cette règle est absolue pour les microlépidoptères ou **« teignes »,** dont l'appareil buccal ne peut entamer la plus fragile enveloppe.

Elle souffre au contraire quelques exceptions pour les coléoptères (**Tenebroides** et **Laemophlaeus** surtout), beaucoup mieux armés, à la condition qu'ils se trouvent serrés, par exemple, dans une caisse entre deux emballages divisionnaires. Cherchant alors plutôt à se dégager qu'à pondre, ils attaquent même des matières solides et épaisses. Ce pourra être le cas des **Lasiodermes** pour des paquets de cigarettes, des **Tribolium** pour des sachets de fruits secs ou de produits farineux en cellophane, des **Dermestes** ou des **Anthrènes** pour les poudres de viande en emballages cartonnés, etc.

ment replié, laissant souvent la marchandise nue aux angles — sacs de jute dont le tissage grossier laisse passer jusqu'à des bruches — et même paquets de cigarettes ou sachets de cellophane dont le pliage sommaire est complété par un collage rudimentaire et hâtif. Nous avons déjà indiqué (5), pour ces derniers, le meilleur mode d'étanchage, qui est le pliage double ou même triple des bords et une surveillance sérieuse du collage des fonds.

En ce qui concerne les sacs, il est bien certain que, seuls, des sacs de papier (comme ceux à plusieurs enveloppes employés pour le ciment) ou de tissu serré (sacs postaux) donnent une garantie pratique suffisante contre la recontamination (13). Ainsi avons-nous conservé en excellent état, dans la région de Biskra, d'une récolte à une autre, plusieurs sacs de dattes sèches préalablement traitées à l'oxyde d'éthylène et mises aussitôt après dans des sacs postaux. Cette démonstration prend toute sa valeur lorsqu'on sait que, normalement, c'est-à-dire à partir de mai, juin au plus tard, les dattes sèches de la récolte précédente (octobre-novembre) ne sont plus représentées que par les noyaux, les peaux et un répugnant magma de fils de soie, de dépouilles et d'excréments d'insectes.

Pour les colis autres que les sacs (comme les caisses), il est indispensable de doubler intérieurement l'emballage extérieur solide, mais discontinu, d'une enveloppe intérieure de solidité indifférente (au point de vue qui nous occupe), mais continue. Les multiples cas pratiques ne sont pas toujours faciles à résoudre, mais c'est précisément le rôle d'un bon technicien de concilier les exigences des principes avec les possibilités techniques et commerciales.

Il n'est que deux espèces de parasites contre lesquelles le double pliage ou les autres précautions ci-dessus se révèlent encore insuffisants : ce sont les **Anthrènes** et les **Acariens** ou **Mites** (le nom de mites est presque toujours, et impropre-

(13) **Cotton, Frankenfeld et Dean** (37) font judicieusement observer que les trous d'aiguille pratiqués lors de la couture des sacs de papier ou de tissus serré ne sont pas à négliger. Les pondeuses ne parviennent pas toujours grâce à eux à pénétrer dans les marchandises, mais y glissent leur oviducte pour déposer leurs œufs.

Il faudrait donc apporter un perfectionnement à la fabrication de ces sacs en colmatant les coutures avec des bandes de papier collé.

ment, appliqué à de petits papillons alors qu'il ne devrait désigner que des articulés à huit pattes, dont la taille est en général de quelques dixièmes de millimètre). Les larves en sont si petites et si mobiles qu'elles parviennent à se glisser par les interstices les plus étroits. Heureusement, les unes (sauf **Trogoderma granarium**) ne s'attaquent guère qu'aux matières azotées dont la désinsectisation ne représente pas une obligation courante et les secondes exigent, pour recontaminer gravement une marchandise traitée et si elles ne sont pas trop nombreuses à l'origine, plusieurs mois.

En fait, contre ces ravageurs, il n'est qu'une seule protection efficace, l'emballage **rigoureusement étanche,** comme une boîte métallique. Mais quelques réserves doivent être faites à ce sujet sur le « maximum de protection » que semble offrir, théoriquement, l'emballage métallique. Certes, les parois elles-mêmes, et leur fermeture par soudure ou bon sertissage constituent un barrage infranchissable pour les insectes sous toutes leurs formes. On n'en peut malheureusement dire autant du joint entre le récipient et son couvercle. L'étanchéité de ce joint est tout à fait illusoire, par exemple, lorsqu'il s'agit de la boîte rectangulaire ou carrée d'un usage courant pour la conservation des biscuits. Bien que meilleure, la protection est encore fort aléatoire avec les boîtes cylindriques à couvercle : si étroitement ajusté que semble l'emboîtement, il laisse toujours entrer très facilement les minuscules acariens, et les larves de beaucoup d'insectes, de dimensions infimes à leur naissance, arrivent également à s'y glisser. Pour avoir toute sécurité, il faut donc, par un procédé quelconque, aveugler cette voie de pénétration possible. Le collage, tout au long de la solution de continuité, d'une bande de tissu adhésif, peut être considéré comme efficace. Par contre, l'emploi d'une bande de papier collé donne lieu à bien des mécomptes; lorsque la colle sèche, la bande peut se soulever localement et livre passage à l'envahisseur.

Ces procédés ne sont pas applicables aux boîtes à « fermetures à sou », telles que celles qui sont employées pour certaines farines de régime : on peut, dans ce cas, couler tout le long de la fente de la paraffine ou une autre matière plastique à chaud. Le barrage ainsi opposé aux insectes est sans défaut.

Le problème concernant les boîtes métalliques soudées sur leurs deux fonds est résolu en ménageant avant traitement sur l'un des deux un minuscule orifice dont les bords sont décapés à l'avance ; une goutte de soudure après traitement assure l'étanchage parfait et définitif (on voit nettement la trace de cette pratique sur la plupart des boîtes de 50 cigarettes d'origine étrangère).

Les produits enfermés par ces procédés sont complètement à l'abri, non seulement des insectes, mais de l'air. Aussi doivent-ils être parfaitement secs (dans le sens technologique et non scientifique du mot) si l'on veut éviter qu'ils ne contractent à la longue un goût ou, tout au moins, une légère odeur de moisi.

L'emballage dans le papier ou le carton (sacs ou boîtes) qui laissent filtrer l'air à travers leur contexture n'offre pas cet inconvénient. L'un et l'autre peuvent offrir une bonne protection contre les insectes. Mais l'emballage en carton, employé tel quel, n'est que rarement efficace, car les dispositifs de fermeture en usage « bâillent » souvent assez largement, notamment aux encoignures des paquets. Et c'est précisément le long des arêtes que déambulent de préférence les insectes en quête de provende ou d'un lieu de ponte.

Le sac en papier, à condition que le fond en soit bien collé, est plus efficace et un double ou triple pliage de la partie supérieure suffit en général à tenir les insectes en échec.

Le mode d'empaquetage adopté avec raison par beaucoup de fabricants de pâtes et de produits de régime — la boîte en carton doublée intérieurement par un sac en papier dont le col est soigneusement replié — offre d'excellentes garanties pratiques de protection.

Le paquet de cellophane, si attrayant par sa présentation, n'est ni plus ni moins efficace que le vulgaire sac en papier. La cellophane a d'ailleurs l'inconvénient de présenter souvent des déchirures aux angles ou pliages, déchirures d'autant plus à redouter que, pratiquement invisibles du fait même de la transparence de l'enveloppe, elles n'entament pas le sentiment de fausse sécurité et de confiance dans une protection devenue illusoire. D'autre part, le collage du fond des sacs est souvent loin d'être irréprochable. Il est à souhaiter que l'industrie des emballages transparents enregistre de

sérieux progrès, tant au point de vue de l'« indéchirabilité » qu'au point de vue de la qualité des collages.

Dans les conditions ordinaires, et en ne considérant que les insectes les plus fréquents, un étanchage satisfaisant contre le retour de ceux-ci est rarement réalisé. D'ailleurs, prétendent certains, un étanchage trop parfait empêcherait le traitement d'agir. Il n'en est rien. La plupart du temps en effet, les emballages prétendus « étanches » (sachets de cellophane en particulier) sont si imparfaitement collés ou pliés que l'air en sort aussi facilement que le fumigant y entre ensuite. Ceux qui sont vraiment étanches éclatent. Ainsi, par

Fig. 4. — Caisse de pâte de dattes légèrement fermentée après un traitement sous vide (vide maximum : 670 mm.). La pâte a suinté par les joints des planches. (Orig.).

exemple, des boîtes métalliques soudées de 14 centimètres de diamètre soumises au vide de 670 mm. subissent intérieurement, sur chacun de leurs fonds, une poussée de dedans en dehors de 135 kgs environ ; elles ont peu de chances de résister.

Il est des cas plus curieux. Des pâtes fines (vermicelles en ganses), empaquetées dans des sacs de cellophane soigneusement étanchés par le fabricant, ont supporté sans inconvénient les deux premières opérations de la **D V P.** L'une et

l'autre, en effet, sont relativement lentes et les fissures laissées par le pliage et le collage les plus soigneux permettent la sortie et la rentrée des gaz à faible vitesse. Mais il n'en fut plus de même lors des rinçages d'air. Là encore, la mise sous vide, qui exige 8 à 10 minutes, se fit sans dommage, mais la brutale rentrée de l'air de rinçage, qui ne dure qu'une minute et demie ou deux ne permit pas l'établissement assez rapide des équilibres de pression ; elle provoqua une telle com-

Fig. 4 bis. — Un chargement de ces caisses après traitement. (Orig.).

pression des sacs que les ganses furent écrasées et les vermicelles réduits en fragments. De tels accidents nuisent à la présentation et dévalorisent la marchandise ; il convient d'y songer.

Il en est de même des bouchées de chocolat « à la liqueur » qui, sous l'influence du vide, éclatent.

Quant aux caisses de pâte de figues ou de dattes, nous avons pu constater, lorsque la fermentation s'y était déjà déclarée, qu'elles « bavaient ». Sous vide, les bulles microscopiques du gaz carbonique de la fermentation gonflent déme-

surément la masse, et celle-ci suinte comme une boue épaisse au travers des joints des caisse (fig. 4 et 4 bis). Si les passages ne sont pas suffisants, les côtés et les fonds se gonflent et se disjoignent. Un tel accident ne se produit jamais, bien entendu, avec des pâtes en bon état.

En fait, il est peut-être plus ou moins difficile, mais certainement pas impossible. et c'est là l'important, de réaliser des emballages à la fois perméables à l'air et cependant assez étanches pour interdire toute recontamination par les insectes les plus communs.

CONTROLES D'EFFICACITE

Quelles que soient les conditions intrinsèques et extrinsèques de la fumigation, des contrôles périodiques de l'efficacité sont à effectuer. Ils sont d'autant plus nécessaires que les marchandises traitées sont en général enfermées dans des emballages opaques dont l'examen superficiel ne peut fournir aucun renseignement sur les résultats obtenus. Il convient, après entente avec les propriétaires des marchandises, de prélever des échantillons au cœur même des colis si toute la périphérie de ceux-ci est perméable (sacs, caisses, billots), ou dans la partie la plus éloignée de l'orifice d'entrée des vapeurs (fond des boîtes métalliques).

On peut également procéder à des vérifications en utilisant des témoins spécialement constitués (marchandise fortement contaminée par une ou plusieurs des espèces nuisibles les plus courantes (**Lasioderma serricorne, Calandra, Tribolium, Plodia, Myelois, Ephestia,** etc.). Il convient toutefois, lorsque l'on installe ces témoins, de se garder de tomber dans une erreur assez fréquente qui consiste à ne tenir aucun compte de la nature de l'emballage ; il faut, au contraire, pour une vérification d'efficacité, respecter l'homogénéité et la disposition de ce dernier.

S'il s'agit de sacs, le témoin est contenu dans un **nouet de mousseline** placé dans la partie centrale du sac. L'enfouissement d'un **sachet** de cellophane témoin, comme on l'a parfois fait, au centre d'un sac de marchandise **en vrac,** exagère en effet considérablement la difficulté, et les résultats expérimentaux ainsi obtenus ne correspondent pas à la réalité.

En ce cas en effet, l'atmosphère toxique, après avoir traversé la masse de marchandise de l'emballage principal et s'être appauvrie en conséquence, devra encore traverser le sachet dans toute sa longueur, de l'orifice jusqu'au fond étanche (ou à peu près étanche). Si, par exemple, un sac de blé a un diamètre de 50 centimètres et le sachet témoin une longueur de 20 centimètres, c'est à une profondeur de 45 centimètres que les vapeurs devront pénétrer (rayon du sac + longueur du sachet) en gardant, malgré les phénomènes de sorption, une concentration suffisante en toxique. Il est bien certain que cette difficulté anormale serait supprimée par l'emploi, au lieu d'un sachet de cellophane, d'un simple nouet d'étoffe, à peu près sphérique, placé au centre du sac principal.

S'il s'agit, par contre, de caisses contenant des paquets de cellophane (figues, dattes, farines de régime, champignons secs, etc.), le témoin devra se trouver emballé dans un paquet analogue que l'on placera au centre de la caisse. Les conditions de pénétration de l'atmosphère toxique sont très différentes de celles du cas précédent et d'ailleurs bien meilleures. Après avoir franchi les fissures de la caisse sans la moindre difficulté, l'atmosphère se divise en filets gazeux qui se répartissent d'abord entre les paquets, puis entrent dans ceux-ci à mesure que le vide baisse. On doit noter que la concentration en fumigant de l'air qui entre dans le sachet central reste à très peu de choses près inaltérée, le simple passage entre les parois de cellophane des sachets périphériques ne pouvant provoquer de sorption appréciable. Celle-ci n'intervient qu'individuellement, au moment précis où l'atmosphère toxique entre dans chaque sachet ; un sachet extérieur n'absorbe donc pas plus de fumigant que le plus central. C'est la raison principale pour laquelle la DVP donne toujours plus facilement de bons résultats avec des emballages fractionnaires (même réunis en caisses de très grandes dimensions) qu'avec des emballages de vrac.

Ajoutons enfin que les contrôles périodiques sont à multiplier surtout lorsque interviennent les causes d'échec déjà signalées : emballages en vrac particulièrement volumineux, marchandise mouillée extérieurement ou très humide (pour l'oxyde d'éthylène), ou comportant une forte teneur en matières grasses (pour le bromure de méthyle) et, surtout, abaissement de la température au-dessous de 14 ou 13°.

Les échantillons prélevés sont examinés au bout d'un délai qui varie avec le fumigant employé.

L'acide cyanhydrique ayant une action narcotique (v. Annexe, p. 304), on ne peut considérer comme morts que les insectes ne manifestant aucune réaction deux jours [14] après le traitement.

L'oxyde d'éthylène et le bromure de méthyle, caractérisés par leur action insecticide différée, provoquent la mort de certains individus jusqu'à 4, 5 jours et même davantage, après le traitement. Nous avons toutefois constaté que, lorsque la mort des derniers individus d'un lot d'insectes adultes ou larvaires n'est obtenue qu'au bout d'un aussi long délai, il y a de très fortes chances pour que beaucoup d'œufs aient échappé. On peut en effet estimer que la destruction des œufs n'est obtenue que si les adultes, larves et nymphes les mieux abrités sont tués en moins de vingt-quatre heures. C'est donc seulement au bout de ce temps que sera utilement effectué un premier contrôle des résultats du traitement.

Ces examens rapides et faciles donnent des résultats suffisants en pratique, mais il est prudent de les compléter par des élevages ultérieurs qui décèleront éventuellement la survivance de quelques œufs [15].

FUMIGANTS EMPLOYES EN DVP

Les conditions que doit remplir un fumigant ont été souvent énoncées [16] et sont, en général, les mêmes en désinsectisation

(14) **Smith R. I.** signale que des chenilles de **Pyrausta nubilalis** ne recommencèrent à donner signe de vie, à la suite de certaines de ses expériences, qu'au bout de 14 jours (35).

(15) Pour les élevages, nous utilisons le plus souvent des tubes de verre de 30 centimètres de longueur sur 3 de diamètre intérieur. Une extrémité est bouchée avec un papier filtre collé à la cire chaude, l'autre avec un tampon de coton. La marchandise à contrôler emplit le tube aux 4/5e. Ces tubes, pouvant être placés verticalement, occupent peu de place et sont mis en étuve à 28-30°. Le mode de fermeture des orifices permet le renouvellement constant, mais faible de l'atmosphère ; cette aération ne permet, ni la dessication des échantillons, ni l'apparition des moisissures, si fréquentes et si gênantes dans les ports de mer où sont souvent installées les stations.

(16) Une petite étude de la plupart des fumigants modernes a été publiée dans notre récent ouvrage, paru en 1947 : **« Technique de la désinsectisation ».** Nous en reproduisons, dans l'Annexe placée à la fin de cet ouvrage, les passages principaux.

ordinaire à pression atmosphérique, ou en **DVP.** Nous les citerons seulement.

Un fumigant approprié doit :

— Avoir une tension de vapeur permettant de réaliser aux diverses températures d'emploi la concentration insecticide convenable. Cette concentration doit pouvoir être forte pour permettre de réduire à un minimum la durée du traitement.
— Ne pas être absorbé par la marchandise au point de ne pouvoir y pénétrer profondément.
— Ne pas être retenu par celle-ci au point de constituer ultérieurement une gêne ou un danger pour les manipulants (chloropicrine).
— Etre de manutention facile pendant le transport et les opérations.
— Ne pas présenter de dangers de corrosion pour le matériel.
— Etre ininflammable ou pouvoir être rendu ininflammable.
— Etre de détection pratique facile, c'est-à-dire être odorant ou pouvoir être rendu odorant.
— Etre d'un prix économiquement acceptable.
— Si les marchandises traitées sont des denrées :
n'y pas laisser de traces ni de résidus en quantités susceptibles de faire apparaître une toxicité réelle, ne modifier ni les qualités organoleptiques (saveur, odeur, couleur), ni les qualités technologiques et biochimiques.
— S'il s'agit de semences :
ne modifier ni la faculté ni l'énergie germinatives.
— S'il s'agit de végétaux vivants :
ne pas provoquer de brûlures.
— S'il s'agit d'étoffes ou fibres textiles quelconques :
ne modifier ni la couleur, ni la solidité, ni l'odeur [17], ne pas exercer d'action irritante sur les individus appelés à se trouver ultérieurement en contact avec ces fibres [18].

---

(17) Nous avons déjà signalé (5) que le traitement de lainages par le bromure de méthyle leur donnait une odeur désagréable, tenace, persistant des mois et même plus d'une année.

(18) Le fait s'est présenté pour des vêtements traités à la chloropicrine.

De toutes ces conditions, la première est évidemment la principale en **DVP,** puisque c'est la rapidité de l'action insecticide qui constitue la raison d'être de la méthode. Ainsi élimine-t-on d'emblée des fumigants comme le tétrachlorure de carbone et les dérivés chlorés de l'éthane et de l'éthylène, beaucoup trop lents.

Un des premiers fumigants en date fut le **sulfure de carbone.** On l'abandonna vite en raison de son inflammabilité qui constituait un constant et terrible danger, non seulement d'incendie, mais encore d'explosion [19]. Il détériorait rapidement, en outre, par sulfuration, le fer ou le cuivre des appareils de stockage, de vaporisation et de dosage [20]. Son efficacité, enfin, ne se manifestait pas dans un délai suffisamment court pour qu'on pût le considérer comme bien adapté à la **DVP.**

Le vieil **acide cyanhydrique,** par contre, est resté un fumigant incontesté, en particulier pour les végétaux vivants. La seule difficulté qu'il présente réside dans le choix de sa forme d'application. Faut-il le produire extemporanément par réaction ? Faut-il l'employer liquide ? Chaque solution a ses avantages et ses inconvénients et il apparaît, en définitive, que

—

(19) **Mackie** (43) signale à ce sujet de violentes explosions survenues au cours de ses expériences de **DVP** : « In connection with development of the use of carbon disulfide, an attempt to operate multiple fumigation units designed to enable the salvage of the gas and thereby keep down operation cost demonstrated that rapid compression of the mixture of CS^2 and air would generate dynamic heat sufficient to cause a violent explosion of the fumigation mixture. Two violent explosion, resulting in the transfer of gases, occurred in as many months. In each case the explosion completely wrecked the fumigation chamber and in one case almost resulted fatally to the writer and others.

« In preliminary experiments seeking to test the value of carbon dioxide in overcoming the explosion hazard existing in the fumigation mixture of carbon disulfide and air, an explosion occurred which might have ended disastrously if not fatally. »

(20) Le matériel industriel à sulfure de carbone (fig. 42) que nous utilisions vers 1930 comportait essentiellement un réservoir de sulfure monté en vase de Mariotte pour maintenir constamment le sulfure à pression atmosphérique, un diaphragme calibré pour le doser liquide et un vaporiseur à bain-marie où le sulfure gazéifié se mélangeait à l'air d'appoint. Toutes les parties métalliques furent rongées ou au moins gravement corrodées en quelques mois. Il eut fallu construire un appareillage en aluminium.

l'une ou l'autre doit être préférée en fonction des conditions particulières de chaque station (v. Annexe)

Si une station doit en effet effectuer des traitements fréquents et massifs, l'acide cyanhydrique liquide sera plus pratique ; il pourra être stocké dans un vase de Mariotte, dosé par un diaphragme et aussitôt vaporisé dans un bain-marie en mélange avec l'air d'appoint (fig. 42), ou encore stocké à l'état gazeux dans un gazomètre réchauffé et dosé par diaphragme.

Si les traitements de végétaux sont, au contraire, rares et de peu d'importance au point de vue des cubages, la production extemporanée, par réaction sur un cyanure, est préférable. On évite ainsi les pertes et, surtout, les dangers de décomposition et d'explosion inhérents au stockage prolongé d'une réserve d'acide cyanhydrique liquide.

L'emploi du cyanure de calcium, des discoïdes ou même des solutions aqueuses d'acide cyanhydrique, est peu à recommander en raison des irrégularités et des retards à la libération du gaz actif que peuvent comporter les trois produits, de l'appoint supplémentaire d'humidité qu'entraîne le troisième.

Pour les denrées et, d'une façon plus générale, pour toutes les marchandises dont la désorption pourrait provoquer des dangers (matériel de literie), le fumigant de choix est plutôt l'**oxyde d'éthylène.**

L'inflammabilité de celui-ci, son seul défaut peut-être, est aisément supprimée par l'adjonction d'acide carbonique (23-24-42). Les stations algériennes employaient avant 1940 un mélange contenant, par mètre cube d'autoclave, 150 grammes d'oxyde d'éthylène pour 945 grammes de CO^2. Aucun incident n'est jamais survenu avec ces proportions. L'oxyde d'éthylène a en outre l'inappréciable avantage de **désinfecter** partiellement, au sens vrai du mot, les marchandises traitées. Son action sur les levures est certaine (2 - 25), comme l'a démontré **Angla** pour la fermentation vinaire. Ainsi a-t-on fortuitement constaté, à la suite d'un incident mécanique survenu dans une station tunisienne vers 1935, que les dattes à forte teneur en eau, récoltées lors d'une année particulièrement pluvieuse, ne s'étaient pas échauffées au cours d'un stockage ultérieur prolongé : elles avaient été traitées à l'oxyde d'éthylène. Un appareil s'étant détérioré, il fallut terminer la cam-

pagne de désinsectisation au sulfure de carbone. Ce fut un désastre : les dattes entrèrent rapidement en fermentation et une grande partie en fut perdue.

L'oxyde d'éthylène a pratiquement disparu du marché français depuis le début de la guerre de 1939 ; il est en effet fabriqué à partir de la chlorhydrine du glycol, corps très utilisé en chimie de guerre. Comme on éprouvait, pendant la même période d'autre part, des difficultés non négligeables à se procurer les grosses quantités de gaz carbonique correspondantes, l'emploi de l'oxyde d'éthylène dut être mis en sommeil. Mais ce serait une erreur de l'abandonner définitivement au profit du bromure de méthyle. Il est au contraire indispensable, dans une station rationnellement équipée, de posséder et de pouvoir utiliser simultanément l'appareillage à l'oxyde d'éthylène et celui au bromure : le chef de station peut utilement conseiller aux usagers l'emploi de l'un ou de l'autre fumigant en fonction des cas particuliers. Il recommande le bromure, moins cher, pour toutes les marchandises peu grasses et plus ou moins aqueuses, l'oxyde d'éthylène pour toutes les marchandises fermentescibles ou chez lesquelles le traitement au bromure de méthyle est susceptible de développer une odeur indésirable, comme les fibres ou tissus de laine.

La situation géographique des stations peut cependant déterminer l'élimination complète de l'oxyde d'éthylène. L'emploi connexe, obligatoire, d'anhydride carbonique entraîne en effet de gros frais de transport. Ainsi, pour traiter 20 m^3 d'autoclave, il faut pratiquement 20 kgs d'anhydride carbonique qui comportent le transport, à l'aller, de 80 kgs d'emballage plein et, au retour, de 60 kgs d'emballage vide. Le calcul (21) montre facilement que, entre les traitements à

(21) Le transport d'une charge de 50 kgs de bromure se fait dans une bouteille métallique dont la tare est voisine de 20 kgs. On transportera donc, à l'aller, 70 kgs et, au retour, 20 kgs, soit 90 kgs. La dose de 80 g./m^3 exige par conséquent le transport de :

$$\frac{90 \times 0{,}08}{50} = 0 \text{ kg. } 144$$

Le transport d'une charge de 50 kgs d'oxyde se fait dans les mêmes conditions et correspond, pour la dose normale de 150 g./m^3, à :

$$\frac{90 \times 0{,}15}{50} = 0 \text{ kg. } 270$$

Mais l'emploi obligatoire de CO^2 avec l'oxyde d'éthylène comporte en

80 g./m³ de bromure de méthyle et ceux à 150 g./m³ d'oxyde d'éthylène additionné de CO^2, le rapport des poids transportés aller et retour est de l'ordre de 1/50.

Il en résulte que, en pratique, les stations éloignées des usines productrices de gaz carbonique ne peuvent, pour des raisons économiques, fonctionner à l'oxyde d'éthylène/CO^2. L'emploi du **bromure de méthyle,** dans les conditions actuelles, reste seul possible pour elles.

L'étude de l'efficacité des fumigants a fait, depuis plus de vingt ans, l'objet d'expériences nombreuses et poussées, parfois plus ou moins contradictoires dans leurs résultats. Elles ne sont nullement spéciales à la **DVP** et ont même été faites le plus souvent à pression atmosphérique, mais on peut tirer de la bibliographie sur la matière des données intéressantes en ce qui concerne, d'une part le matériel d'expérimentation, d'autre part, le mode opératoire, et enfin l'interprétation mathématique des résultats. Cette dernière intervient utilement lorsqu'on veut établir la courbe de toxicité d'un fumigant donné contre un insecte donné dans des conditions données mais la plupart des méthodes conduisent à des spéculations mathématiques hors de la portée d'un entomologiste. Sans en contester l'exactitude, on doit reconnaître qu'elles sont d'un emploi peu commode. Aussi avons-nous finalement adopté la méthode de **Le Goupils** (26) qui, par l'application très simple d'une abaque et de quelques formules, donne des résultats aussi précis qu'il est désirable.

Ce genre de recherches est d'ailleurs, reconnaissons-le, un peu théorique, les expérimentations étant obligatoirement,

outre le transport de 315 kgs de ce produit et celui de 945 kgs de tare d'emballages. Il y a transport, à l'aller, de 1.260 kgs et, au retour, de 945 kgs, soit 2.205 kgs. La dose de 945 g./m³ exige le transport de :

$$\frac{2.205 \times 0{,}945}{315} = 6 \text{ kg. } 615$$

Il y a donc transport, pour la dose de fumigants correspondant à un mètre cube d'autoclave, de :

$$0{,}270 + 6{,}615 = 6 \text{ kg. } 885$$

Le rapport entre 6,885 et 0,144 est de 1/47,8, soit facilement, compte tenu des pertes de CO^2, 1/50.

pour de multiples raisons, effectuées in vitro. Or, ce cas ne se présente jamais dans la pratique où l'intervention de la marchandise, dont la présence assure aux insectes une certaine protection, exige, pour leur destruction quasi-totale (22), des constantes de traitement cinq, dix, vingt fois plus élevées que ne l'indique l'expérimentation in vitro.

LE GAZ CARBONIQUE EN **DVP**

Ce produit se liquéfie à 0° sous une pression de 35 kg. 4 et, à 25°, sous 65 kg. 5. Sa température critique est 31°35. A la température de — 78°, il se solidifie et, sous cet aspect, reçoit le nom de « glace sèche », ou « glace carbonique ». Plus lourd que l'air, le gaz a le même poids spécifique que

(22) Le calcul des probabilités ne peut en effet indiquer la constante de traitement mortelle pour 100 % des insectes d'un lot considéré, mais seulement celles qui donneront 99 %, ou 999 sur 1.000, ou 999.999 sur 1.000.000, etc... Il en résulte que, théoriquement, il ne sera jamais possible de tuer tous les insectes d'un lot extrêmement nombreux.

Le même usage mal appliqué du calcul des probabilités conduit certains techniciens à des absurdités évidentes. Si, par exemple, sur 100 chiens, 35 meurent par exposition d'une heure dans un four à 65°, 50 dans un four à 68° et 75 dans un four à 70°, ils en déduisent la probabilité, non nulle, pour qu'un chien puisse survivre à une exposition d'une heure dans un four à 1.000°. Leurs formules paraissent inattaquables et l'on devrait voir, en conséquence, toujours survivre aux expériences les plus invraisemblables, sur un nombre de sujets « suffisant », un insecte ou un chien. Et d'invoquer alors **Jean Perrin.** Certes, dans ses travaux sur l'atomistique, celui-ci a dit qu'il est théoriquement possible de voir la température de l'eau d'une casserole placée sur un feu ardent diminuer de 1/100° de degré pendant 1/100° de seconde, mais cette probabilité est déjà si faible qu'elle se traduit par un de ces nombres vertigineux qui, pour nous, ne représentent plus rien.

Il convient d'être prudent lorsque l'on applique les méthodes du calcul des probabilités à la biologie. Il faut tenir compte, précisément, de ce fait important que la plupart des systèmes étudiés pouvant être bornés, l'usage des lois de **Gauss** appliquées dans toute leur rigueur devient impossible. Faute de quoi l'on aboutit obligatoirement à des absurdités et, pratiquement à des impossibilités. C'est ainsi que, pour reprendre un exemple purement physique, on peut supposer qu'un certain nombre de tiges rigides de longueurs différentes sont placées dans un tiroir. Nous en tirons plusieurs au hasard, les mesurons, et établissons une table de dispersion. En pouvons-nous déduire la probabilité non nulle pour qu'il y ait dans ledit tiroir, une tige plus longue que le tiroir lui-même ? Non, évidemment.

Il est bien certain que la nature s'est imposé, dans les séries d'individus, des limites du même genre. La seule difficulté, qui subsistera toujours, est

l'oxyde d'éthylène (1,97) et existe dans l'air qui en contient normalement 0,4 et parfois 1 partie pour 1.000.

Sauf à des concentrations très élevées, il ne présente aucun danger pour l'homme.

Il est absolument neutre vis-à-vis des matériaux de construction et des métaux, propriétés indispensables pour son utilisation en désinsectisation. Il ne présente pas davantage d'action sur les tissus végétaux morts ou vivants, dans les conditions ordinaires de la **DVP.**

Associé à certains fumigants, il présente deux avantages considérables : il en accroît la toxicité, il en neutralise l'inflammabilité.

Accroissement de la toxicité des fumigants.

Le premier, **Hazelhof** (27) constata et mesura l'accroissement de la ventilation trachéenne résultant pour les insectes de l'adjonction à l'atmosphère de proportions diverses d'anhydride carbonique. Il en déduisit — et l'expérience confirma en partie cette hypothèse — que l'adjonction à une atmosphère toxique de certaines quantités de gaz carbonique devait per-

de préciser ces limites quant aux chances d'apparition des individus « exceptionnels », qui les font sérieusement reculer.

Il apparaît en définitive que, comme presque toutes les formules mathématiques appliquées à l'interprétation des phénomènes naturels, les calculs de probabilités ne sont valables que dans certaines hypothèses, et certaines limites doivent borner l'extrapolation. Dans le cas présent, ces limites résultent du fait que la plasticité de la matière **vivante** n'est pas infinie.

L'inconvénient de fait d'une application brutale, sans interprétation, des lois n'envisageant que des systèmes non bornés est par exemple que, pour parvenir à obtenir par fumigation toxique une mortalité de 999.999 sur 1.000.000, la constante de traitement calculée, basée sur les chiffres donnant par exemple 20, 50 et 80 % de mortalité exigera un tel dosage ou une telle durée d'exposition que son adoption rendra l'opération insecticide trop onéreuse (ou impossible parce que interdite par la tension de vapeur maximum du fumigant), ou trop longue, donc sans intérêt.

Il faut interpréter et admettre, en conséquence, la notion de « marge de sécurité ». On peut, dans ce but, rechercher d'abord expérimentalement la constante-seuil qui, dans les conditions pratiques les plus défavorables que l'on envisage, donne régulièrement la mortalité totale sur plusieurs lots de 100 ou 1.000 individus par exemple. La marge de sécurité que nous adopterons ne peut évidemment se définir mathématiquement comme l'écart probable, mais elle est intuitivement accessible à tous les esprits. De fait, elle est indispensable dans les applications pratiques. Nous l'avons, personnellement, fixée au 1/3 environ du chiffre caractérisant la constante-seuil qui donne la mortalité totale au cours des essais précités.

mettre, par accélération de la respiration des insectes, d'obtenir l'intoxication plus rapide de ces derniers.

Nous n'envisagerons ici que l'addition aux fumigants les plus courants : oxyde d'éthylène, bromure de méthyle et acide cyanhydrique.

En ce qui concerne l'oxyde d'éthylène, les essais réalisés à l'Insectarium d'Alger ont permis de tirer les conclusions suivantes, de grande importance pratique :

1° L'addition de quantités de CO^2 variant de 0 à 40 g./m^3 n'augmente pas la toxicité du fumigant.

2° L'addition de quantités comprises entre 100 et 250 g./m^3 donne au fumigant son maximum d'efficacité.

3° L'addition de quantités égales ou supérieures à 400 g./m^3 donne une efficacité inférieure à celle constatée entre 100 et 250 g./m^3, mais encore supérieure à celle du fumigant employé seul.

4° Ces conclusions sont valables pour toutes les concentrations d'oxyde d'éthylène, comme on le voit sur la figure 5. Le rôle d'adjuvant respiratoire de l'anhydride carbonique est fonction de son pourcentage de concentration dans l'atmosphère et non, comme l'ont cru **Popov, Bezzoub** et **Lebedeva** (28), de son pourcentage vis-à-vis des quantités d'oxyde d'éthylène mises en œuvre.

5° Ces conclusions sont valables, au moins pour les températures comprises entre 15 et 25° et, probablement, pour celles qui se trouvent en deçà et au delà de ces limites.

Parmi les raisons invoquées par de nombreux auteurs pour tenter d'expliquer l'action adjuvante de l'acide carbonique, aucune n'est démontrée de façon péremptoire, surtout si l'on considère que l'adjonction de CO^2 à une atmosphère chargée, non plus d'oxyde d'éthylène, mais d'acide cyanhydrique, ne provoque aucun accroissement de l'efficacité insecticide. La plus couramment admise aujourd'hui est celle d'après laquelle le CO^2, en diminuant le pH du plasma sanguin, agit sur les centres nerveux qui commandent le système respiratoire. Pour l'oxyde d'éthylène, à réaction légèrement basique, le CO^2 neutralise cette basicité, la respiration s'intensifie et l'efficacité

s'accroît jusqu'à un maximum quand la concentration en CO^2 atteint 100 à 250 g./m^3. Passé cette limite, le pH se trouve par trop abaissé, l'efficacité diminue, tout en restant cependant supérieure à celle de l'oxyde seul.

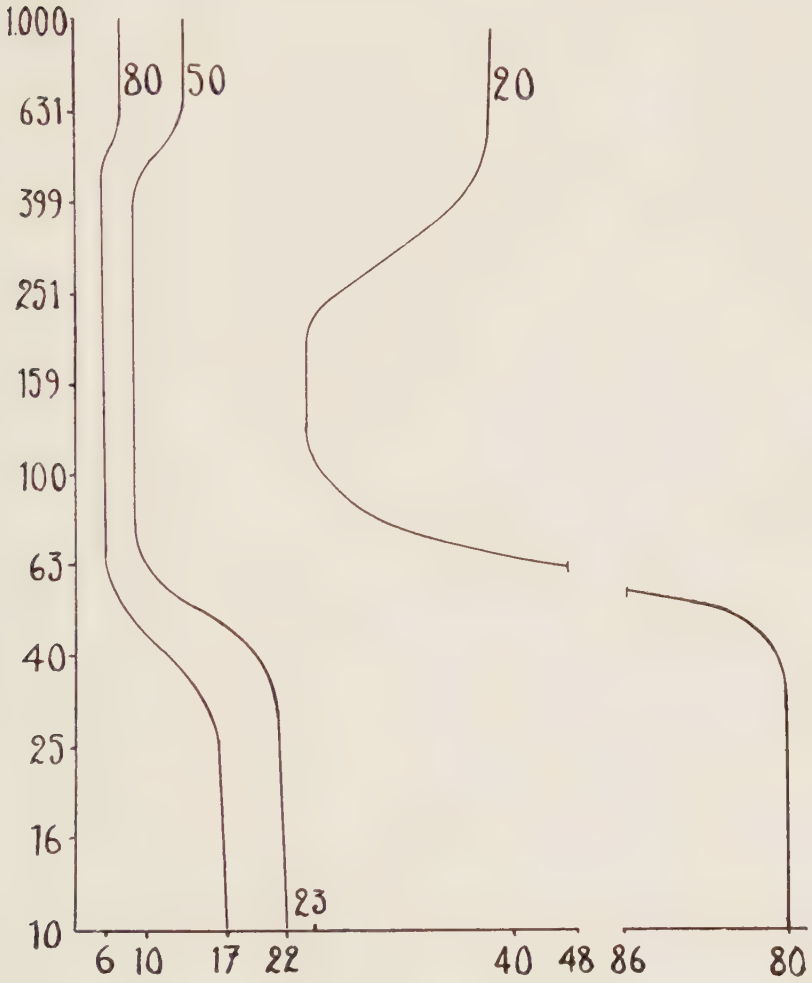


Fig. 5. — Influence de l'anhydride carbonique sur la toxicité de diverses concentrations d'oxyde d'éthylène.

Courbes des traitements mortels pour **Calandra oryzae** adultes in vitro. En abscisse, durées d'exposition mortelles en minutes ; en ordonnées, concentrations de CO^2 en g./m^3. Les courbes correspondent à des traitements réalisés avec 20, 50 et 80 g./m^3 d'oxyde d'éthylène. Température des essais : 15,5 à 16°. (Orig.).

Même remarque avec le bromure de méthyle. Mais il convient de signaler que le bromure industriel est assez souvent acide, et que les résultats de **Jones,** cités plus loin, ne sont pas valables en ce cas. L'addition de CO^2 se montre alors sans grand intérêt, comme l'ont démontré les résultats obtenus à l'Insectarium ; de nombreux points aberrants apparaissent, tels qu'ils rendent bien aléatoire la construction d'une courbe figurative de la toxicité (fig. 6). Ils rendent sceptique quant à l'utilité de l'addition de CO^2.

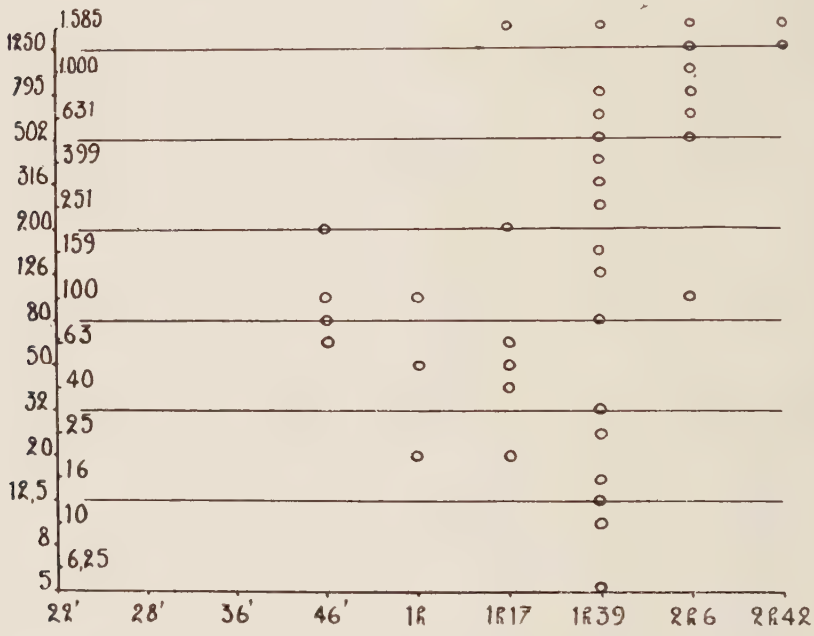


Fig. 6. — Influence de l'anhydride carbonique sur la toxicité du bromure de méthyle industriel.

En abscisse, durées d'exposition mortelles en minutes ; en ordonnée, concentration de CO^2 en g./m³. Concentration en bromure de méthyle : 25 g./m³. Chaque point correspond à la durée minima ayant occasionné la mort, au cours d'une série d'essais, de 50 **Calandra oryzae** adultes in vitro. Température des essais : 16,5 à 17° C. La courbe figurative varie entre de trop larges limites pour qu'il soit possible de la tracer. (Orig.).

Avec l'acide cyanhydrique, déjà faiblement acide par lui-même, les deux actions ayant pour effet d'abaisser le pH s'ajoutent ; le seuil utile est dépassé et on n'enregistre pas d'accroissement de la toxicité.

Quoi qu'il en soit, il résulte de cette importante donnée physiologique qu'il y a intérêt à ajouter aux mélanges toxiques d'oxyde d'éthylène et d'air une certaine quantité d'anhydride carbonique. Cette quantité, si l'on veut se placer au seul point de vue insecticide, doit être comprise entre 100 et 250 g./m^3, de façon à permettre d'employer, pour l'obtention d'un résultat donné, soit une dose d'oxyde, soit une durée d'exposition inférieures aux limites prévues quand l'anhydride carbonique n'est pas mis en œuvre. Nous verrons plus loin qu'il est malheureusement impossible d'adopter ces concentrations, particulièrement inflammables, dans la pratique.

Des recherches analogues aux précédentes ont été effectuées par **Jones** (29) en 1938 sur les mélanges de bromure de méthyle et de gaz carbonique.

La courbe représentative de ses résultats (fig. 7) présente une analogie frappante avec la précédente. Il apparaît toutefois que l'augmentation de toxicité produite par l'addition de CO^2 n'est pas aussi considérable avec le bromure de méthyle qu'avec l'oxyde d'éthylène. Elle reste cependant notable puisque l'addition de 200 g./m^3 de CO^2 permet de réduire le temps d'exposition de 5 à 3 heures dans les cas étudiés. On constate également que, passé une certaine limite, l'addition d'une quantité supplémentaire d'anhydride carbonique provoque une décroissance de la toxicité, c'est-à-dire une augmentation de la durée d'exposition nécessaire.

La dose optima de CO^2 à ajouter au bromure de méthyle serait donc de 197 à 788 g./m^3, c'est-à-dire en pratique 200 g./m^3.

Il convient cependant de noter que les résultats de **Jones** ont été obtenus avec du bromure chimiquement pur. Reprenant ses essais avec du bromure industriel fabriqué en France, nous avons bien obtenu, semble-t-il, une légère amélioration de l'efficacité, mais si peu marquée et surtout si irrégulière (fig. 6) que nous n'estimons pas utile, en définitive, d'adjonction de CO^2 à ce fumigant. Cette amélioration, si elle existe, serait de toutes façons, loin de compenser les frais qu'entraîne l'achat du matériel de vaporisation et de stockage, les manipulations supplémentaires et le prix du CO^2.

Mieux vaut forcer un peu la dose de bromure.

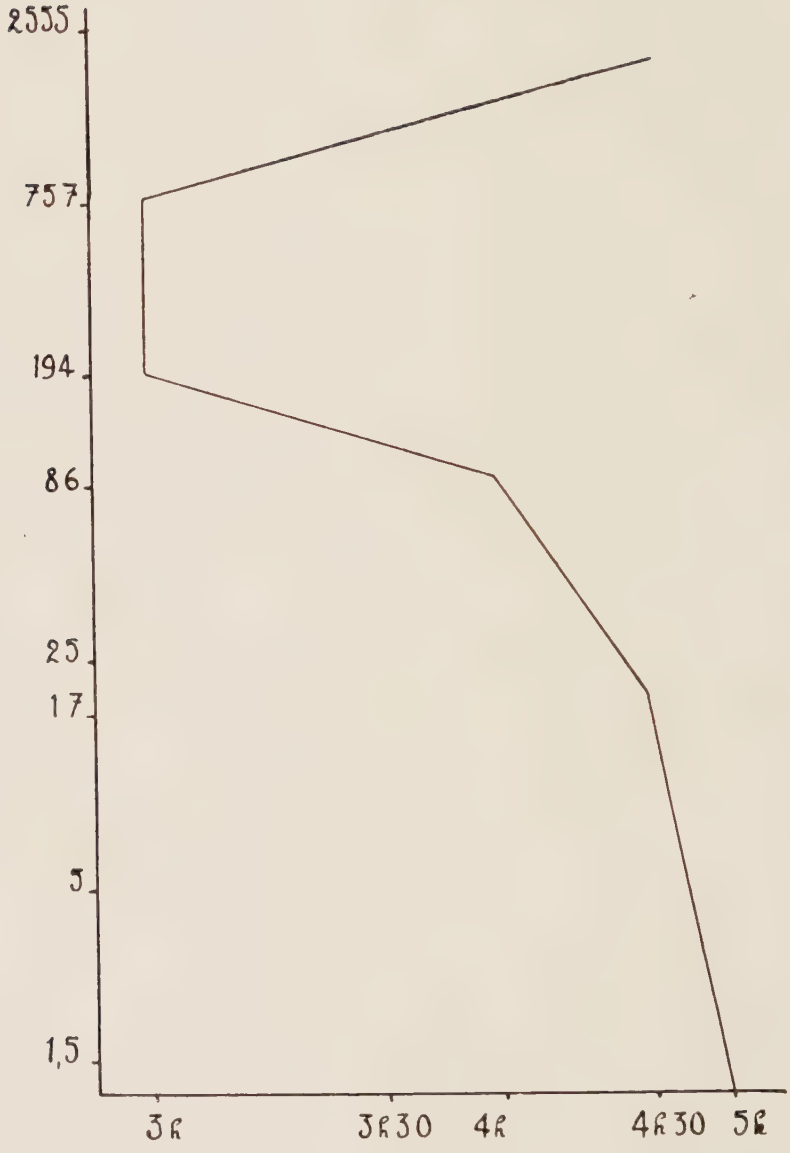


Fig. 7. — Influence de l'anhydride carbonique sur la toxicité du bromure de méthyle pur.

En abscisse, durées d'exposition mortelles en heures ; en ordonnée, concentrations de CO^2 en g./m^3. Concentration uniforme en bromure de méthyle de 8,75 g./m^3. Insecte d'essai in vitro : **Tribolium castaneum.** Température des essais : 27°. (D'après **R. M. Jones**).

Rôle anticomburant.

Un des inconvénients de l'oxyde d'éthylène en désinsectisation est son inflammabilité aux dosages réalisés dans les stations.

A la concentration de 150 g./m^3 en effet, soit 7,5 % en volume, ses vapeurs mélangées à l'air détonent avec violence. Cette explosion provoquerait une catastrophe si elle avait lieu en une enceinte étanche et résistante, comme un tank à vide.

C'est pour cette raison que l'on a dû ajouter à l'oxyde d'éthylène, comme anticomburant, l'anhydride carbonique déjà choisi en raison de son action physiologique. Il limite l'inflammabilité, non seulement par son action propre, mais encore par le fait que son utilisation remplace partiellement, pour un volume et un dosage donnés, l'air nécessaire à la combinaison inflammatoire. La combustion de l'oxyde d'éthylène se faisant suivant la réaction :

$$C^2H^4O + 5\ O = 2\ CO^2 + 2\ H^2O$$

on constate que, pour 44 grammes d'oxyde, il faut 80 grammes d'oxygène, soit environ 320 grammes d'air. La combustion optima de 150 grammes d'oxyde nécessite donc 1.090 grammes d'air.

Si on recherche, dans la dose de mélange ternaire utilisée dans les stations nord-africaines par exemple (oxyde : 150 g./CO^2 : 945 g./air : quantité suffisante pour une pression totale de 740 mm. environ), la quantité d'air entrant dans le mélange, on constate que celle-ci (553 grammes) représente à peine la moitié de la dose optima, son action oxydante se trouvant encore neutralisée par les 945 grammes d'anhydride carbonique.

Le tableau ci-dessous, tiré d'un ouvrage antérieur (24), donne, en regard des doses d'oxyde d'éthylène utilisées, celles de gaz carbonique qu'il convient de leur ajouter pour supprimer toute inflammabilité.

Mélanges ininflammables d'oxyde d'éthylène et d'anhydride carbonique (quantités minima de CO^2) en grammes par mètre cube

C_2H_4O	CO^2	C_2H_4O	CO^2	C_2H_4O	CO^2
60	30	130	1.015	200	810
70	100	140	990	220	770
80	600	150	945	240	750
90	1.100	160	920	260	740
100	1.100	170	885	280	730
110	1.070	180	860	300	700
120	1.040	190	825		

Ce tableau permet de constater que des doses considérables de CO^2 sont nécessaires pour obtenir une sécurité absolue. Il en résulte des dépenses relativement élevées et qu'il serait tentant de réduire [23]. On peut en effet estimer que le risque entraîné par l'abaissement de la dose de CO^2 jusqu'au seuil optimum d'accélération respiratoire (réduction de 945 à 100 g./m^3) est très faible en raison des précautions prises par les constructeurs. Il est certain par exemple que le matériel, constituant une cage de Faraday, élimine toute possibilité d'action électrique ou électrostatique provenant de l'extérieur En outre, la mise sous vide provoque l'extinction de toute source ignée (cigarette allumée, etc.) qui aurait pu être

(23) On a songé à remplacer l'anhydride carbonique du commerce par un **gaz inerte** à forte teneur en CO^2. Des essais faits en France vers 1938, par **Mallet** (in litt.), ont conclu à la possibilité d'employer dans ce but les gaz de combustion d'un moteur à essence ou d'un gazogène à anthracite, charbon maigre ou charbon de bois ; le gaz obtenu est de composition constante et très propre.

Cette solution entraine des frais d'installation assez élevés, mais qui n'entrent pas en ligne de compte car on produit ainsi à très bon marché. Ses inconvénients réels sont plutôt l'impossibilité de stocker le produit liquide (donc la nécessité d'employer de gros réservoirs de gaz comprimé à 5 ou 7 kgs, ou des gazomètres monumentaux) et, surtout, la complication de l'appareillage et du fonctionnement des stations.

Il se pourrait cependant que l'idée, fort intéressante au point de vue économique, dût un jour être envisagée à nouveau pour les stations de très grande importance, pourvues d'un personnel spécialisé suffisant.

oubliée à l'intérieur de l'autoclave. Les seules possibilités d'inflammation sont celles provenant du matériel même (on les a signalées plus loin dans le chapitre consacré aux autoclaves), mais les dispositifs nécessaires pour les réduire à néant ont été soigneusement étudiés, mis au point et leur efficacité a été contrôlée.

Malgré tous ces facteurs de sécurité, malgré l'emploi de dispositifs antiinflammables et antidéflagrants, malgré l'économie considérable qui résulterait de la réduction de la dose de CO^2 à 100 g./m^3, nous n'avons jamais adopté, par prudence, l'utilisation d'un tel mélange inflammable et détonant. Une explosion dans un autoclave de plusieurs dizaines de mètres cubes serait trop grave, tant au point de vue de la catastrophe elle-même que des répercussions qu'elle pourrait avoir sur l'avenir de la méthode. Le facteur sécurité doit être considéré comme le plus important et la dose de 945 g./m^3 maintenue.

Présentation commerciale et conditions pratiques d'emploi de l'anhydride carbonique

En raison de la courbe de ses tensions de vapeur qui permet le développement de pressions considérables aux températures ordinaires, les emballages doivent être très solides. Ils sont constitués par des bouteilles en acier étiré sans soudure, fabriquées sous le contrôle du Service des Mines et éprouvées à une pression de 250 kgs/cm^2. Les caractéristiques des catégories courantes de tubes sont données dans le tableau ci-dessous :

Capacité en kgs de CO^2	Capacité en litres	Poids moyen du tube plein en kgs	Hauteur totale avec chapeau en mm.	Diamètre extérieur du tube en mm.
20	27	70	1270	204
10	13,5	35	1260	140
8	10,7	27	1015	140

Les chapeaux des bouteilles sont destinés à protéger les robinets au cours du transport ; ils doivent, nécessairement, être enlevés pour l'utilisation du gaz, sauf dans le cas des tubes munis de chapeaux fixes comportant une rainure spéciale qui permet le montage de la tubulure d'utilisation.

La réglementation française exige que chaque récipient porte une marque officielle placée à un endroit bien apparent (généralement sur l'ogive du tube), indiquant :

1° le poids du récipient vide ;

2° sa capacité en litres ;

3° la charge en kilogrammes qu'il peut contenir et qui doit être limitée à un kilogramme de liquide pour 1 litre 34 de capacité ;

4° la date de la dernière épreuve effectuée par le Service des Mines.

L'épreuve des bouteilles doit être effectuée tous les cinq ans. L'ogive doit être peinte à la couleur conventionnelle du gaz : jaune.

Le règlement relatif aux transports par chemin de fer prévoit que le transport des tubes pleins ne doit avoir lieu que dans des wagons couverts et à panneaux pleins, ou spécialement aménagés à cet effet. Les tubes ne peuvent voyager qu'en petite vitesse lorsqu'ils sont pleins, mais le retour des vides en grande vitesse peut être autorisé. Ils ne doivent jamais être violemment projetés et, autant que possible, ne pas être exposés à la chaleur d'un feu ou aux rayons du soleil.

Pour ce qui concerne plus spécialement leur utilisation dans les stations, on doit signaler que ces bouteilles ne sont pas munies d'un tube plongeur ; il est donc nécessaire, pour les vidanger du produit liquide, de les retourner, robinet en bas. Ces robinets doivent être ouverts en grand, attendu que les tiges de commande traversent une garniture dont l'étanchéité n'est assurée que lorsque la vanne est ouverte en grand.

L'anhydride carbonique industriel contient toujours quelques impuretés, air ou azote surtout, mais en très faible proportion : 0,1 à 0,2 %. En outre, chaque bouteille renferme toujours une certaine quantité d'eau (250 cc. parfois) provenant de condensations lors de la fabrication à partir du coke ou de la récupération des gaz de fermentation des brasseries lorsque cette opération n'as pas été suffisamment surveillée.

La présence d'eau dans les bouteilles, même en faible quantité, constitue un inconvénient sérieux lors de la vaporisa-

tion. La détente partielle provoque en effet, dans les tuyauteries adductrices du CO^2 liquide au vaporiseur-détendeur, un refroidissement brutal provoquant un givrage intense et la formation de bouchons de glace d'eau, difficiles à faire disparaître en raison du point de fusion élevé (par rapport à la glace sèche) de la glace d'eau.

C'est pourquoi il est indispensable, avant emploi, de purger les bouteilles de l'eau ou de la bière qu'elles peuvent contenir.

Comme l'oxyde d'éthylène ou le bromure de méthyle, l'anhydride carbonique est stocké dans les stations en gazomètre. Sa faible solubilité dans l'eau a permis d'utiliser ce liquide comme garde.

Le dosage des quantités à injecter dans les autoclaves se fait également par diaphragme calibré.

MODES D'ACTION DES FUMIGANTS

Le mode d'action de l'oxyde d'éthylène et du bromure de méthyle est assez curieux et présente de telles conséquences pratiques qu'il doit en être fait mention : la toxicité de ces produits est **à retardement** (5). Les insectes traités, même à des doses supérieures à celles nécessaires pour assurer, en définitive, leur mort, conservent leur vitalité assez longtemps après le traitement. La mortalité ne commence à apparaître qu'au bout d'un certain temps. L'action des gaz sur les sujets soustraits à leur contact aussitôt après traitement peut, même si les insectes n'ont supporté que les doses limites les plus basses, continuer à manifester ses effets durant plusieurs jours, jusqu'à cinq et même davantage. En pratique toutefois, en raison de la marge de sécurité importante volontairement donnée aux traitements, la mortalité se manifeste beaucoup plus rapidement (un à deux jours).

Cette **mortalité retardée** produit immanquablement une impression défavorable sur les usagers, dont l'éducation doit être faite dans ce but ; le chef de station doit les inciter à conserver un ou deux jours les insectes trouvés vivants dans les marchandises après désinsectisation. La mort survenant au cours de ce délai persuade les incrédules.

La mortalité retardée est nettement préférable, quant aux résultats définitifs, les seuls qui comptent, au phénomène de **narcose** provoqué par d'autres fumigants : sulfure de carbone, anhydride sulfureux et acide cyanhydrique par exemple. Traités par ces produits, les insectes sortent des appareils avec toutes les apparences de la mort mais, souvent, un plus ou moins grand nombre recouvrent leur activité totale au bout d'un délai qui peut largement dépasser une semaine. On conçoit que tout contrôle effectif et régulier des résultats obtenus dans les stations, est, dans ces conditions, impossible.

Quand, au contraire, on considère de près les phénomènes immédiatement consécutifs à la fumigation chez les insectes traités à l'oxyde d'éthylène ou au bromure de méthyle, on décèle des symptômes macroscopiques différents selon qu'ils ont été soumis aux vapeurs du premier ou du second. L'oxyde d'éthylène provoque une légère torpeur, visible dès la fin du traitement, qui va s'accentuant jusqu'à la mort. L'action du bromure de méthyle se traduit au contraire par une activité anormale (« saut de carpe » chez les chenilles) suivie, au bout d'un temps variable avec les conditions du traitement, par la torpeur et la mort. Mais, dans les deux cas, un œil exercé reconnaît parfaitement dès leur sortie des appareils les individus condamnés.

Dans les deux cas encore, on peut faire la remarque suivante, extrêmement importante en pratique : tout insecte qui, à la suite d'un traitement au bromure de méthyle ou à l'oxyde d'éthylène, prend les apparences de la mort, est réellement mort ; **il n'y a jamais narcose,** comme dans le cas de l'acide cyanhydrique. Ce principe, qu'on peut considérer comme absolu, est étayé sur les examens post-mortem, chaque jour après le traitement, pendant une semaine et davantage, de plus d'un demi-million d'insectes, utilisés au cours des expériences faites depuis près de vingt ans à l'Insectarium sur ces fumigants.

L'examen de ces sommaires données sur les réactions physiologiques des sujets, dans la période qui sépare le traitement de leur mort, amène immédiatement à l'esprit une objection qui paraît sérieuse au premier abord : les insectes n'étant pas

tués sur le coup vont commettre pendant un certain temps encore des dégâts plus ou moins graves (24).

Il n'en est rien, car un autre effet important du traitement est, sitôt effectué celui-ci, la **totale inappétence** des insectes fumigés. Ce caractère a été maintes fois constaté sur des insectes phytophages ou granivores et n'est d'ailleurs pas spécial aux toxiques respiratoires.

Nous donnons ci-contre les courbes moyennes (fig. 8, 9 et 10) de nombreux essais personnels effectués sur **Calandra oryzae** adulte avec l'oxyde d'éthylène, le bromure de méthyle et l'acide cyanhydrique. Ces courbes ont été obtenues en totalisant simplement les résultats d'expériences faites avec des doses et durées d'exposition très diverses. Elles soulignent d'une façon significative l'action retardée des deux premiers et l'action narcotique de l'acide cyanhydrique.

A titre documentaire, nous avons joint aux précédentes la courbe de la chloropicrine (fig. 11). Celle-ci indique évidem-

(24) Ce cas présenterait une gravité toute particulière si, lors d'une épidémie de typhus par exemple, il était décidé d'utiliser les stations pour l'épouillage des vêtements ; les poux sortant vivants des appareils pourraient jouer jusqu'à leur mort leur rôle de vecteurs du typhus.

Nous avons prouvé avec le Docteur **Marchetti,** du Service de Santé Maritime d'Alger, au cours d'expériences faites en septembre 1941, qu'ils ne piquaient plus après le traitement. Le Docteur **Marchetti,** ayant tenu à jeun deux jours avant la fumigation des poux recueillis sur un vagabond, les a, aussitôt après un traitement au bromure de méthyle, maintenus appliqués, bien vivants encore, dans un verre de montre sur son bras : aucune piqûre n'a été ressentie, aucune trace de piqûre n'a été trouvée à l'examen de la peau.

De cette expérience, deux éléments très importants se sont dégagés, qui justifient le choix du bromure de méthyle comme pédiculicide (l'oxyde d'éthylène a d'ailleurs la même valeur) :

1° Les poux traités sont incapables de piquer ;

2° Leur mort survient, en pratique, au bout de 6 à 8 heures si l'on utilise une dose de 150 g./m³ et une durée d'exposition de 8 minutes, très admissible dans les délais normaux des opérations d'épouillage.

Des poux traités ne peuvent, par conséquent, propager le typhus par piqûres. Ils ne le propageront pas davantage par écrasement, lors du grattage, des poux ou de leurs excréments sur des excoriations épidermiques : la cause des démangeaisons aura disparu.

On peut par conséquent affirmer en conclusion de ce qui précède que l'émigration sur un individu sain d'un pou infecté traité ne présente pas le moindre danger pour cet individu, au point de vue épidémiologique d'abord, parasitaire ensuite.

ment aussi une action retardée, mais beaucoup moins prolongée que celles de l'oxyde d'éthylène et du bromure de méthyle, puisque le résultat final est atteint vingt-quatre heures après la fin de la fumigation et ne s'améliore plus guère ensuite.

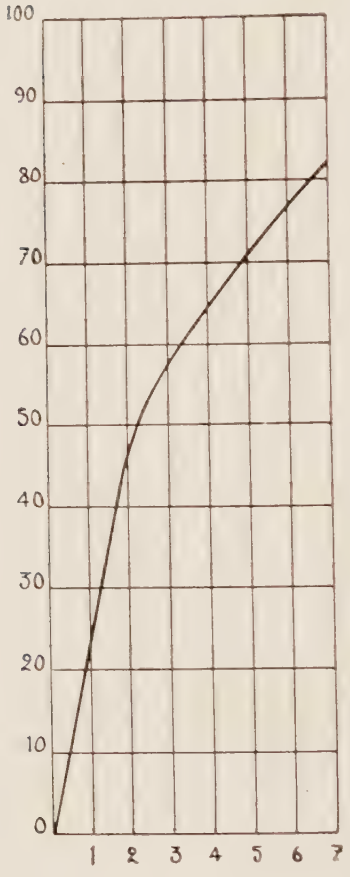


Fig. 8

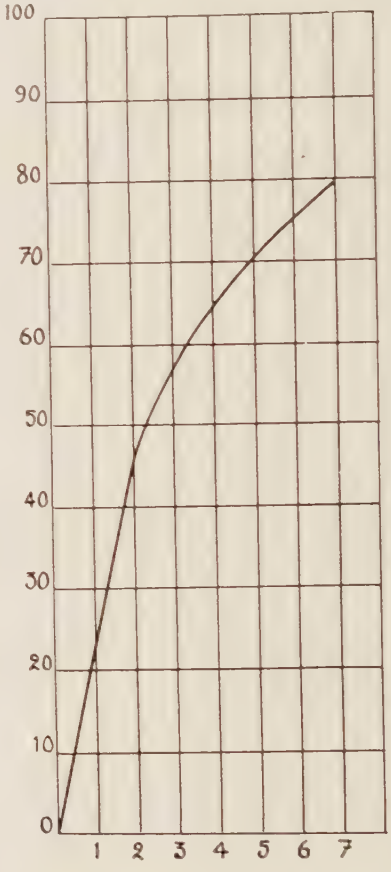


Fig. 9

Fig. 8. — Traitements à l'oxyde d'éthylène.

Mortalité à retardement de lots de **Calandra oryzae** adultes dans les jours suivant les traitements. Courbe moyenne d'essais faits avec des doses, des durées et des températures différentes. En abscisse, nombre de jours après traitement ; en ordonnée, % de mortalité. (Orig.).

Fig. 9. — Traitements au bromure de méthyle.

Mortalité à retardement de lots de **Calandra oryzae** dans les jours suivant les traitements. Courbe moyenne d'essais faits avec des doses, des durées et des températures différentes. En abscisse, nombre de jours après traitement ; en ordonnée, % de mortalité. (Orig.).

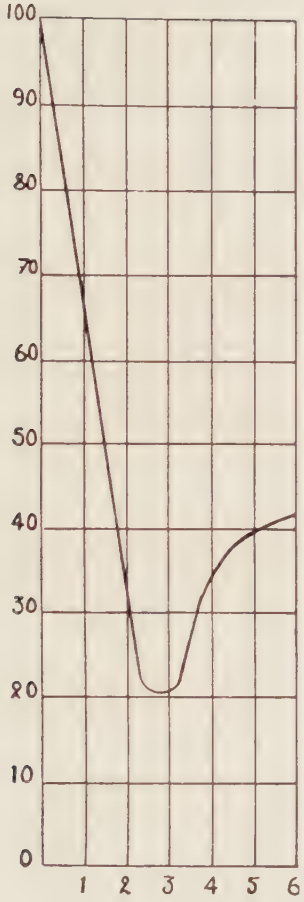


Fig. 10

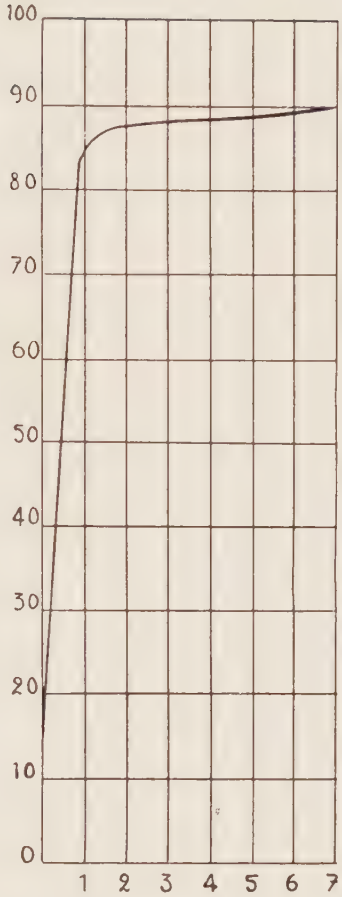


Fig. 11

Fig. 10. — Traitements à l'acide cyanhydrique.

Mortalité **apparente** de lots de **Calandra oryzae** dans les jours suivant le traitement. Courbe moyenne d'essais faits avec des doses, des durées et des températures différentes. En abscisse, nombre de jours après traitement ; en ordonnée, % de mortalité **apparente.** (Orig.).

Fig. 11. — Traitements à la chloropicrine.

Mortalité à retardement de lots de **Calandra oryzae** dans les jours suivant le traitement. Courbe moyenne d'essais faits avec des doses, des durées et des températures différentes. En abscisse, nombre de jours après traitement ; en ordonnée, % de mortalité. (Orig.).

DESORPTION DE FUMIGANTS PAR LES MARCHANDISES

Les praticiens des stations connaissent tous fort bien le danger que représente l'emmagasinage prolongé des marchandises traitées dans un hall de déchargement mal ventilé. Ce danger provient de la libération dans l'ambiance de quantités de fumigant désorbées et il devient, bien entendu, d'autant plus grand que la chaleur, qui favorise ce phénomène, s'élève davantage.

Les rinçages d'air opérés dans les autoclaves mêmes constituent la première des indispensables mesures de sécurité à mettre en œuvre. Ainsi, après un traitement de 80 g./m³ de bromure de méthyle et deux rinçages d'air à 650 mm (110 mm. de pression résiduelle), ne subsiste-t-il plus, théoriquement, dans l'autoclave et les volumes libres des marchandises, qu'une concentration de :

$$80 \times \frac{110}{760} \times \frac{110}{760} = 1{,}7 \text{ g./m}^3 \text{ environ}$$

Avec deux rinçages à 720 mm. ou trois à 650, la concentration résiduelle tomberait à 0,25 g./m³ environ.

Mais, en pratique, il en est autrement. Un bonne partie du fumigant s'est fixée, par dissolution surtout, sur les marchandises et, bien que le vide concoure efficacement à libérer les quantités dissoutes, il ne peut les éliminer complètement ; l'intervention du facteur temps, seul ou, mieux, en combinaison avec une élévation de la température, reste indispensable pour parvenir à ce résultat.

C'est pourquoi, dans les stations travaillant à grand rendement à l'oxyde d'éthylène ou à l'acide cyanhydrique, l'odeur de ces deux produits est toujours plus ou moins perceptible dans le hall où l'on décharge et entrepose un certain temps les marchandises traitées. Quant au bromure de méthyle, même additionné d'acétate d'amyle, son odeur est peu caractérisée et assez faible ; la lampe détectrice à halogénures est nécessaire pour détecter sa présence dans les recoins de l'entrepôt où l'air est stagnant. Bien qu'on ne l'y sente pas, il n'en existe pas moins et n'en est que plus dangereux.

Pour protéger les ouvriers contre cette désorption dans les locaux où la marchandise se trouve entreposée aussitôt après la désinsectisation, il n'existe pratiquement qu'un moyen efficace : la **ventilation active.** Des ouvertures nombreuses et de grande surface, laissées libres jour et nuit, doivent être ménagées, les unes à ras du sol, les autres en haut des murs ; les variations de température et le vent favoriseront ainsi davantage le renouvellement de l'atmosphère. En certains cas critiques (bâtiments encaissés, protégés du vent par des arbres ou d'autres bâtiments), on ne devra pas reculer devant une installation de ventilation forcée à grand débit.

Le risque est plus sérieux encore si l'on considère les marchandises destinées à être embarquées. Mises en cale le plus souvent, elles créeront en peu d'heures, dans ce milieu chaud et confiné, une concentration dangereuse, voire mortelle. Ainsi en serait-il de sacs de graines de coton mal défibrées attaquées par les larves en diapause (resting larvae) du « Ver Rose » (**Pectinophora gossypiella** Saunders) et traitées à 50 g./m³ d'acide cyanhydrique. De tels sacs ne peuvent sans danger être embarqués, à moins d'avoir séjourné deux jours au minimum, sans être empilés, dans un local très bien ventilé.

Back et **Cotton** (12) signalent, de même, que les noix absorbent beaucoup de gaz cyanhydrique, au point qu'un magasin fumigé en garde plusieurs jours l'odeur caractéristique. « Lors « d'une fumigation effectuée sous leur propre direction, des « sacs d'arachides retinrent tant de gaz, ajoutent-ils par ail- « leurs, que les ouvriers ne purent y pénétrer avec sécurité « qu'au bout de cinq jours ». En général, ce n'est que lorsqu'une ventilation extrêmement active est réalisée que la libre pratique peut être accordée au bout de 24 heures.

Le même inconvénient, des conséquences aussi graves, seraient constatés avec l'insidieux bromure de méthyle au cas où ce fumigant aurait servi à traiter des marchandises plus ou moins finement divisées et même seulement des fruits secs.

L'oxyde d'éthylène est, par contre, beaucoup moins dangereux en fait ; il ne s'en échappe des marchandises traitées qu'une quantité relativement faible, suffisante pour **avertir,** mais incapable de provoquer une intoxication, même légère.

CHAPITRE II

MATÉRIEL

La plus grande partie du matériel est, dans ses principes tout au moins, la même dans les différentes installations de **DVP.** Certaines modifications de détail, parfois dans la construction, plus souvent dans l'aménagement des appareils, interviennent seulement, suivant que l'on a affaire à des stations fixes, mobiles ou expérimentales.

Les premières étant de beaucoup les plus répandues et les plus importantes, le matériel type est étudié par rapport à elles ; les modifications spéciales aux stations mobiles ou expérimentales sont précisées plus loin.

Bien entendu, les appareils ne sont décrits et figurés que dans leurs grandes lignes : la description complète de chacun d'eux aurait entraîné celle de tous les accessoires et procédés de fabrication, constamment revus, perfectionnés, mis au point depuis vingt ans. Le cadre de ce travail n'y aurait pu suffire.

Stations fixes

Le matériel des stations fixes comporte :

— les autoclaves, ou « tanks », et leurs accessoires ;
— les pompes à vide et leurs accessoires ;
— les appareils générateurs de fumigant et leurs accessoires ;
— les appareils de manutention ;
— éventuellement, les appareils de chauffage des marchandises et de récupération de fumigants.

Il convient d'étudier tout d'abord le fonctionnement des appareils dans une station travaillant au mélange ternaire oxyde d'éthylène + gaz carbonique + air.

Le vide ayant été réalisé dans un autoclave, celui-ci aspire le mélange dans le « mélangeur de gaz ». Cet appareil (fig. 12) ainsi mis en dépression aspire à son tour les gaz dans diverses tuyauteries ; chacune de celles-ci est munie, à son arrivée au

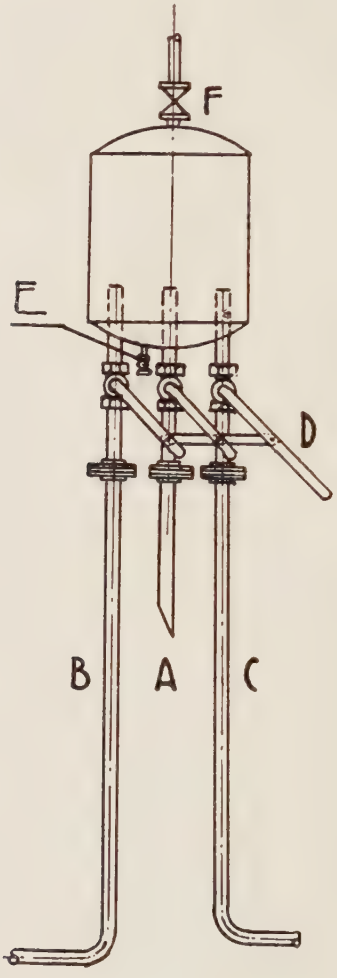


Fig. 12. — Mélangeur-doseur de gaz.

A : Diaphragme entre brides pour le dosage de l'air pris dans l'ambiance. — B : Tuyauterie d'oxyde d'éthylène avec diaphragme entre brides. — C : Tuyauterie de CO^2 avec diaphragme entre brides. — D : Biellette commandant simultanément l'ouverture ou la fermeture des trois robinets d'admission au mélangeur. — E : Robinet-purgeur. — F : Vanne de commande générale. (Orig.).

mélangeur, d'un diaphragme calibré qui détermine le débit. C'est pourquoi on donne à l'ensemble le nom de « mélangeur-doseur ».

Une de ces tuyauteries amène l'air pris dans l'ambiance. On lui donne une longueur de 15 à 20 centimètres en amont du diaphragme pour assurer à celui-ci une certaine protection contre les contacts accidentels, ou les interventions intempestives du personnel non spécialisé ou de tiers.

Une seconde tuyauterie amène l'oxyde d'éthylène. Celui-ci provient d'un gazomètre dit « équilibré-compensé », alimenté lui-même par un vaporiseur d'oxyde. Ce vaporiseur est parfois très simple et représenté par la bouteille même d'oxyde liquide, plongée dans un récipient empli d'eau chaude. Sous les climats équatoriaux où la température reste presque invariablement supérieure à 20°, et pour les petites installations n'exigeant pas des débits considérables, on peut même se dispenser de tout dispositif de réchauffage : l'air ambiant suffit à fournir les calories correspondant à la chaleur latente de vaporisation du fumigant. Pour les installations importantes, qui nécessitent la vaporisation rapide de grosses quantités, l'oxyde liquide passe dans un vaporiseur à serpentin alimenté en eau chaude par un chauffe-eau.

La dernière tuyauterie alimente le mélangeur en anhydride carbonique. Celui-ci provient d'un gazomètre également « équilibré-compensé », alimenté lui-même de diverses façons.

Dans les très petites installations (moins de 5 m^3), et dans les régions où la température ne s'abaisse pas au-dessous d'une dizaine de degrés, on peut utiliser la « rampe de bouteilles » : plusieurs bouteilles, ou « bombes » du commerce, munies chacune d'un mano-détendeur, sont branchées sur un collecteur commun.

Pour des installations moyennes (5 à 10 m^3), on utilise le vaporiseur à mano-détendeur réglable type « Air Liquide » et, pour les plus puissantes, le vaporiseur à grand débit à vannes sensibles type « Mallet ». Ces deux derniers appareils reçoivent eux-mêmes le gaz carbonique **liquide** de plusieurs bouteilles renversées.

Avec le mélange binaire bromure de méthyle/air, la canalisation d'anhydride carbonique est inutile. Les dispositifs fournissant au mélangeur l'air et le bromure sont les mêmes que précédemment, mais la tuyauterie de bromure doit comporter en outre, entre gazomètre et vaporiseur, une « colonne de neutralisation » emplie de chaux vive ou, mieux, de carbonate de soude. Cette colonne arrête les petites quantités d'acide bromhydrique qui peuvent exister dans le bromure et seraient susceptibles d'attaquer chimiquement les appareils situés en aval.

Pour l'acide cyanhydrique, on n'a pas jusqu'ici réalisé d'installation permettant de fonctionner sur le même principe de l'admission de quantités décroissantes à dosage constant.

Il faudrait en effet pour cela :

— Ou disposer d'acide cyanhydrique liquide, que l'on aspirerait au travers d'un diaphragme calibré dans un vase de Mariotte (fig. 42), le débit de l'air de complément étant, bien entendu, réglé lui aussi par un diaphragme calibré [1].

— Ou stocker le fumigant gazeux dans un gazomètre entièrement chauffé au-dessus du point d'ébullition. On reviendrait alors à une installation identique à celle utilisée pour le mélange bromure/air.

Aucune de ces deux solutions n'a été adoptée. La première présentait un danger réel, sinon très grave, dans la manipulation et, surtout, le stockage de l'acide liquide [2]. La seconde ne pourrait guère être envisagée pratiquement que dans des contrées subtropicales où la température ambiante se maintient presque constamment à une valeur supérieure au point d'ébullition de l'acide cyanhydrique. Dans les pays où l'on enregistre fréquemment moins de 26° C., la nécessité de maintenir pendant les périodes de service au-dessus de

(1) Ce dispositif utilisé autrefois pour le dosage du sulfure de carbone en phase liquide doit, en pareil cas, être complété par un vaporiseur instantané de type spécial.

(2) L'acide cyanhydrique liquide est actuellement difficile à trouver en France. Faut-il incriminer notre esprit timoré, ou le manque de débouchés, ou les deux ?

cette température l'enceinte où se trouve installé le gazomètre à acide cyanhydrique constitue une difficulté, sinon insurmontable, du moins importante. Elle fait apparaître une complication matérielle qui a fait reculer jusqu'ici devant l'adoption d'une telle solution, dont les avantages théoriques (vérification des volumes gazeux effectivement mis en œuvre, constance de la proportion du fumigant par rapport à l'air dans le mélange gazeux aspiré par l'autoclave) sont cependant appréciables.

On s'est donc contenté d'utiliser un générateur d'acide cyanhydrique fonctionnant selon la « méthode du pot ». L'opérateur, en même temps qu'il y verse le plus régulièrement possible la solution cyanurée, manœuvre une vanne de prise d'air située en aval et dont le débit a été approximativement réglé après quelques essais. La technique est certes bien moins parfaite que les précédentes mais, la puissance de diffusion de l'acide cyanhydrique aidant, on a pu constater qu'en fait, depuis une vingtaine d'années, les résultats insecticides sont cependant corrects à tous les niveaux de l'autoclave.

Les appareils qui viennent d'être mentionnés sont décrits dans les paragraphes suivants.

Autoclaves et Accessoires

AUTOCLAVES ET APPAREILS DE CONTROLE

Les autoclaves de cubages faibles et moyens (jusqu'à 70 et même 100 m^3) sont, pour des raisons d'ordre mécanique et physique, en tôle d'acier et de forme cylindrique (fig. 13), parfois parallélépipédique comme en Amérique (fig. 15). On les couche sur des berceaux (de béton en général), le grand axe de l'appareil étant horizontal ou légèrement en pente vers l'aval pour faciliter le démarrage et la progression des wagonnets chargés. Certains cependant, pour satisfaire à des besoins particuliers et très spécialisés, sont disposés verticalement.

On les charge alors en vrac (3) par le haut et on les décharge par une goulotte placée à la partie basse de la mamelle, comme une cellule de silo aérien (autoclaves de Pouillon spécialisés dans le traitement des légumes secs, maïs en vrac, etc.) (fig. 14).

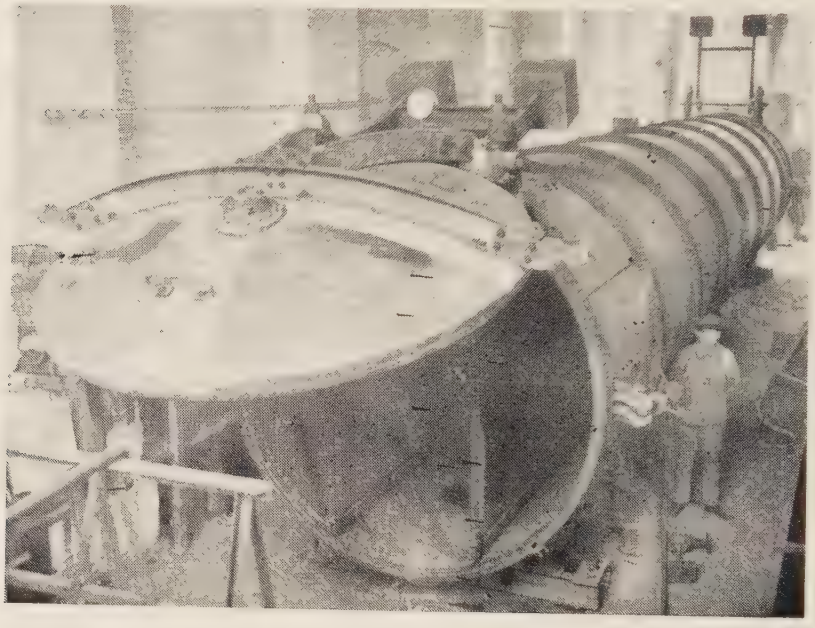


Fig. 13. — Autoclave de 73 m³ en fin de fabrication. Longueur : 14 m. 65. Diamètre : 2 m. 50. Ouverture par relevage des portes sur charnière horizontale. (Cliché Mallet).

(3) Il est un autre cas où des autoclaves de grande capacité utile ont été disposés verticalement sans que le chargement s'en fasse en vrac. C'est celui de la station phytosanitaire de Buenos-Ayres (30), installée en 1937 et qui comporte 6 autoclaves de 50 mètres cubes chacun.

Chaque autoclave à un diamètre de 3 m. 50 et une hauteur voisine de 5 mètres. Les marchandises, montées jusqu'à hauteur de l'orifice de l'autoclave par un transbordeur mécanique, sont chargées sur une plate-forme mobile en acier reposant sur un piston mû hydrauliquement et traversant le fond de l'autoclave. La plate-forme est descendue à mesure des besoins chaque fois que la hauteur du chargement commence à rendre celui-ci pénible, et jusqu'à complète descente de la plate-forme dans le fond de l'autoclave.

Cette conception, ingénieuse mais un peu complexe, ne semble pas s'être vulgarisée après la première réalisation. Elle ne supprime pas, en effet,

Dès que l'on aura à construire des appareils de très grandes dimensions, ceux par exemple qui sont destinés à recevoir des wagons de chemin de fer, il sera plus rationnel de leur donner une section se rapprochant autant que possible, avec la marge de sécurité indispensable, du gabarit maximum du matériel ferroviaire dont on prévoit l'admission. Cette section sera donc la plupart du temps rectangulaire (4). Celle-ci a en effet l'avantage de réduire au minimum l'espace mort que la section circulaire laisserait subsister inutilement autour de l'enceinte du wagon. On peut signaler à ce propos que l'adoption, pour la majeure partie des autoclaves de moindre importance, d'un profil rectangulaire ou se rapprochant du rectangle présente toujours un avantage sensible au point de vue du coefficient de chargement, ou tout au moins de la facilité de réalisation de chargements denses. Malheureusement, la réalisation de tels autoclaves se heurte à un certain nombre de difficultés techniques.

---

la nécessité de disposer à la main, sur la plate-forme, les sacs de céréales qui constituent le chargement normal (ou, éventuellement, tous autres colis) et par conséquent ne correspond pas à une réduction notable de la durée des périodes de chargement et de déchargement. Elle comporte une grande hauteur de chargement (5 mètres) qui peut provoquer l'écrasement des colis placés à la partie inférieure, en cas d'emballages peu résistants (cageots de fruits, par exemple). On peut craindre en outre des coincements de la marchandise lors de la remontée de la plate-forme pour déchargement. Enfin elle paraît difficilement compatible avec un bon rinçage d'air après traitement, les risques de désorption et d'accumulation d'un fumigant lourd à la partie inférieure n'étant pas négligeables.

(4) Le profil interne des autoclaves destinés à recevoir du matériel ferroviaire pourra être fixé d'après le gabarit maximum admis sur le réseau desservant la station. On pourra aussi en certains cas, et dans un but d'économie, ne tenir compte que du gabarit maximum **réel** du matériel qu'on a l'intention d'admettre dans les autoclaves. Il est en effet inutile de prévoir la pénétration dans les autoclaves des cheminées de locomotives, et on peut prévoir le refus systématique des wagons comportant une cabine de serre-freins. Certaines stations pourraient se limiter à l'admission de wagons tombereaux, de hauteur très inférieure, même avec leur chargement, à celle du « gabarit ». Tout ceci est affaire d'appréciation de la part des futurs exploitants et ne saurait être codifié a priori.

La question de la longueur doit également être étudiée de très près, en fonction du nombre de wagons à admettre à chaque opération et des longueurs entre tampons les plus courantes. On peut prévoir ainsi la construction d'autoclaves susceptibles de recevoir, avec un minimum d'espace perdu, soit deux wagons modernes de grande longueur, soit trois wagons d'un type plus ancien, mais encore en service, et de longueur beaucoup plus courte.

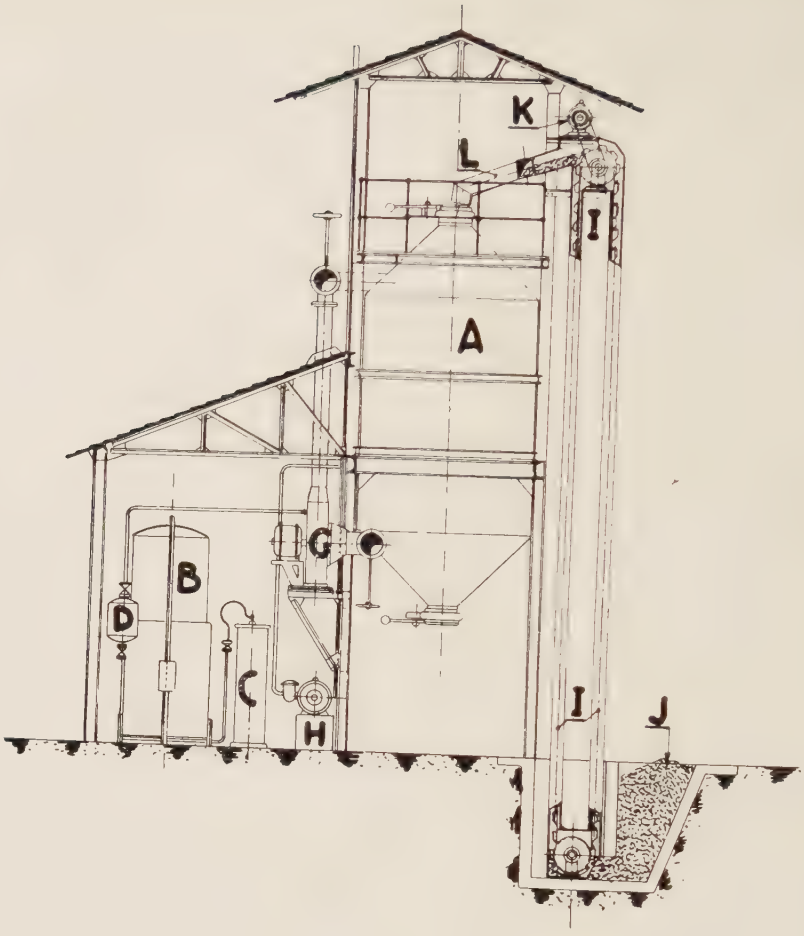
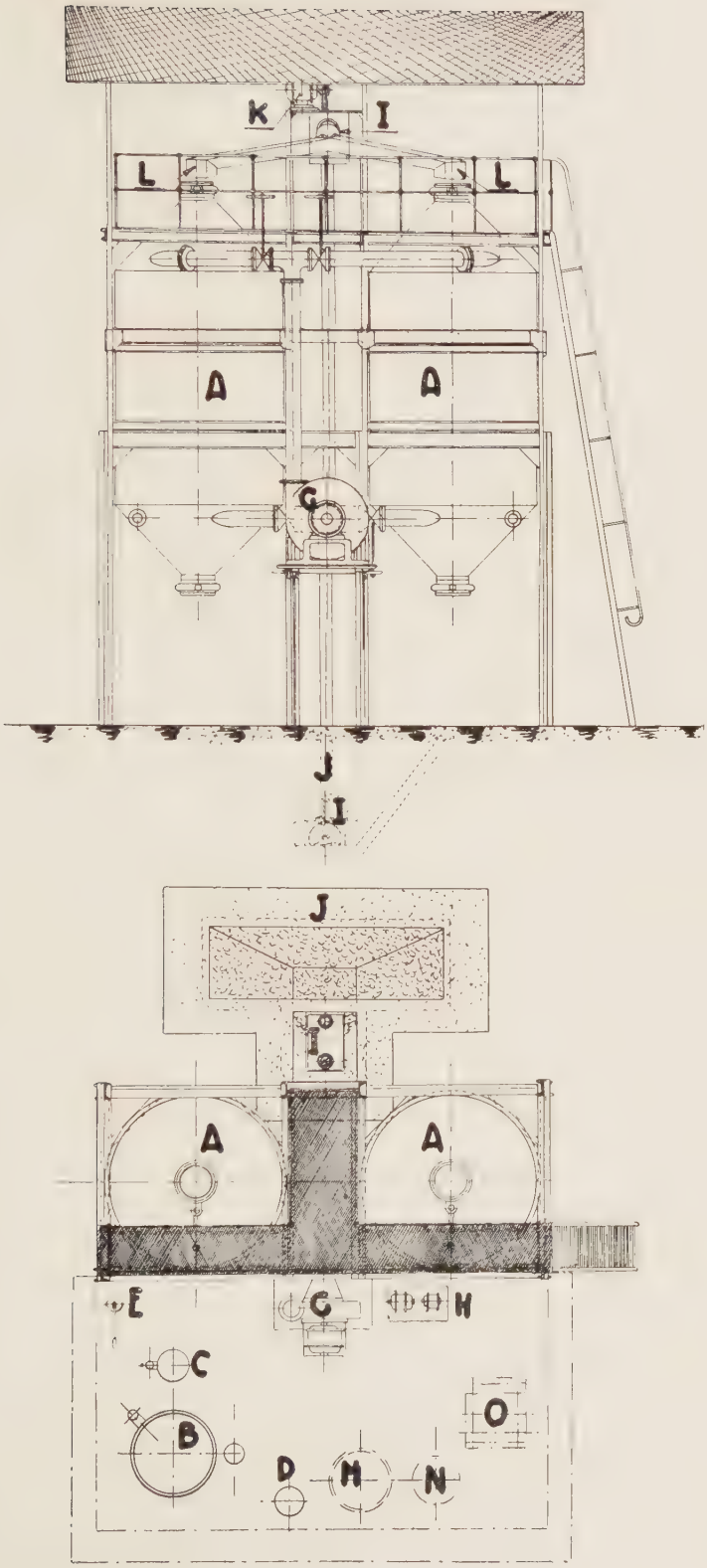


Fig. 14. — Autoclaves verticaux utilisés pour le traitement en vrac des légumes secs à **Pouillon,** Landes. (Plans Mallet).

A : Autoclave de 15 m^3 (10 tonnes de grains). — B : Gazomètre-réchauffeur d'oxyde d'éthylène (Breveté S.G.D.G.). — C : Vaporiseur à oxyde d'éthylène. — D : Mélangeur à gaz toxiques. — E : Pompe hydraulique (Gonflement des boudins des orifices). — G : Ventilateur de circulation des gaz. — H : Groupe électro-pompe à vide. — I : Elévateur à grains (à godets). — J : Fosse de dépôt du grain à ensiler. — K : Moteur d'entraînement de l'élévateur à grains. — L : Goulottes de chargement des grains. — M : Gazomètre équilibré à CO^2. — N : Vaporiseur à CO^2. — O : Chantier à bouteilles à CO^2.


K
I
L
L
M
M
A
A
G
J
I
J
I
A
A
E
G
H
C
B
D
H
N
O

S'il s'agit d'**autoclaves métalliques,** la nécessité de résister mécaniquement à la poussée de la pression atmosphérique conduit à raidir les parois planes du caisson avec de puissantes armatures en fers profilés. Si ces armatures sont à l'intérieur de l'appareil, elles travaillent dans de bonnes conditions, mais leur présence entraîne une grosse perte de place, annu-

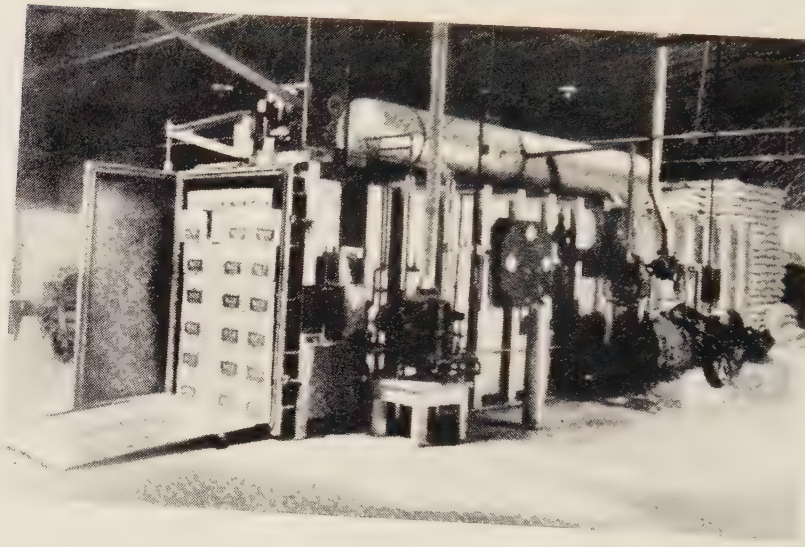


Fig. 15. — Autoclave de fumigation sous vide de section rectangulaire.

D'après Cotton, Frankenfeld et Dean (Controlling Insects in Flour Mills, Circ. 720, Apr. 1945).

lant le gain qu'on réalise en substituant la forme rectangulaire à la circulaire. Si elles sont au contraire à l'extérieur, elles doivent être réunies à la paroi de tôle par une rivure étanche ou par une soudure externe. Cet assemblage travaille donc à la traction. A chaque mise sous vide la tôle, entre les armatures, se déforme alors par élasticité ; il en résulte, aux points de liaison, une fatigue considérable qui se traduit rapidement, dans le cas de rivure, par la disparition de l'étanchéité de cette dernière et, dans le cas de soudure, par la rupture des soudures ou de la tôle au voisinage des soudures.

Aussi a-t-on un instant songé, pour la construction métal-

lique des autoclaves à section rectangulaire, à choisir comme matériau la fonte, en panneaux épais et fortement nervurés. Mais on arrive ainsi à des poids très élevés et, de plus, on se heurte à une difficulté dans la réalisation d'un raccordement étanche des panneaux constitutifs des segments d'extrémités ; la porte se rabat sur ceux-ci et doit former à son tour un joint étanche.

La **construction en béton**, qui vient d'être tout récemment adoptée pour des autoclaves de dimensions moyennes, et sera sous peu appliquée à la réalisation d'autoclaves destinés au traitement de wagons complets (Marseille, Le Havre, Biskra), permet de donner à la paroi, sans dépenses excessives, une forte épaisseur lui assurant un moment élevé proportionné à la poussée qu'elle doit supporter. Pour cette réalisation, on ne rencontre guère que deux difficultés principales. La première réside dans la nécessité d'obtenir un béton parfaitement étanche aux gaz, non seulement au moment de la coulée, alors que l'humidité des pores du ciment oppose une résistance efficace à leur passage, mais à la longue, c'est-à-dire lorsque la dessication du béton, en éliminant cette humidité capillaire, recrée la porosité du matériau. La seconde est représentée par la nécessité d'obtenir un assemblage étanche des éléments de béton avec les garnitures métalliques destinées à recevoir les portes.

Ces différentes difficultés ont récemment fait l'objet de mises au point très sérieuses de la part de la Construction française. L'étude des questions de résistance aux poussées externes, de l'obtention de l'étanchéité, soit en faisant appel à des bétons de qualité spéciale, soit par imprégnation externe du béton, après prise et dessication, au moyen de brai fondu ou par application d'autres enduits appropriés, de la réalisation des portes elles-mêmes et de leur portée sur le corps de l'autoclave, a été poussée dans tous ses détails. Comme il est dit plus haut, les premières réalisations sont en cours en ce qui concerne les appareils de puissance moyenne, et interviendront sous quelques mois pour les tanks à wagons.

Pour en revenir à ce qui existe seulement aujourd'hui, les appareils en service dans les stations métropolitaines et de la

France d'outre-mer sont de forme cylindrique et construits en tôle d'acier épaisse (8 à 12 mm.), capable de résister à la poussée externe correspondant à la production, à l'intérieur, des vides industriels les plus poussés.

A titre d'exemple, pour justifier cette obligatoire solidité, rappelons qu'un autoclave mesurant 9 mètres de long sur 2 m. 20 de diamètre supporte, sous un vide de 720 mm., les poussées externes totales suivantes :

— Sur sa partie cylindrique : près de 600 tonnes ;
— Sur chacune des deux portes : plus de 35 tonnes.

Les diamètres intérieurs des appareils des stations métropolitaines et nord-africaines vont de 1 m. 10 à 1 m. 40, 1 m. 75, 2 m. 20, 2 m. 50 et dépassent même 3 mètres au Maroc (Casablanca). Ces deux dernières dimensions tendent cependant à être abandonnées : elles rendent trop instable l'équilibre des wagonnets chargés, ou obligent à charger en vrac, ce qui cause de grandes pertes de temps pour le chargement et le déchargement et réduit considérablement le rendement. Pratiquement, les deux diamètres qui conservent la faveur des spécialistes sont 1 m. 75 et 2 m. 20 ; ils permettent le chargement des wagonnets à bonne hauteur, sans fatigue exagérée du personnel, et les ouvriers peuvent entrer debout dans les autoclaves. Les tanks de ces deux diamètres reçoivent des quantités de marchandises qui varient bien entendu avec la densité apparente de celles-ci. A titre d'exemple, on peut loger, sur wagonnets et par mètre cube d'appareil :

Fruits secs (figues, dattes) en caisses.	300 à 370 kgs
Fruits frais en cageots	200 kgs
Haricots secs en sacs	400 kgs
Sarments de vigne en caisses.....	100 kgs
Cigarettes en caisses	100 à 120 kgs

Dans la plupart des cas, les autoclaves sont munis à chaque extrémité d'une porte débouchant dans des halls distincts de chargement et de déchargement. Une paroi continue, maçonnée directement sur la virole (fig. 17 et 19) et montant jusqu'au plafond, isole ces halls l'un de l'autre et rend par conséquent impossible la recontamination des marchan-

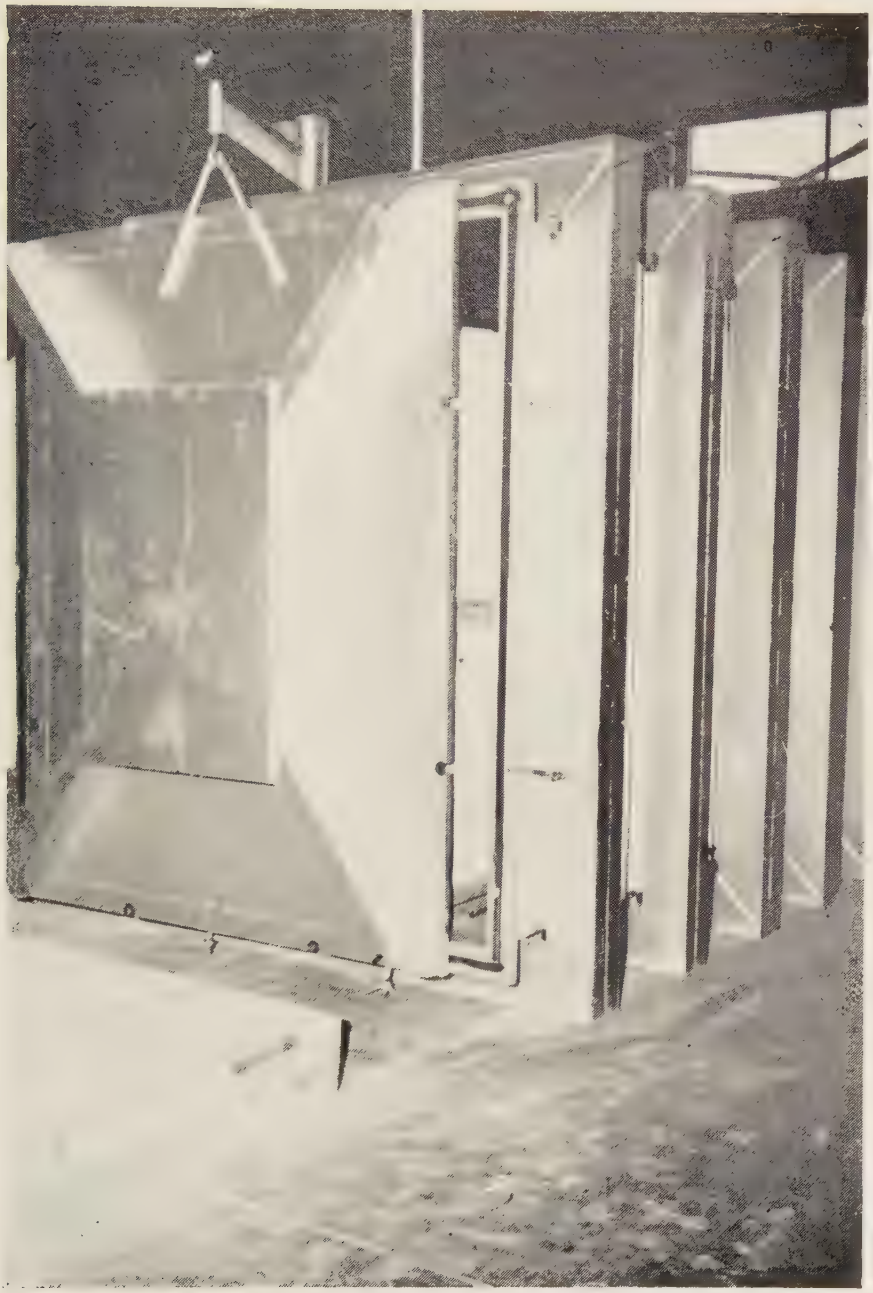


Fig. 16. — Entrée d'un autoclave d'acier à section rectangulaire. Remarquer les solides armatures extérieures en fers profilés.

(Cliché obligeamment communiqué par M. Georges L. Hutton, de Washington. — Photo supplied by Department of the Army, U. S. A.).

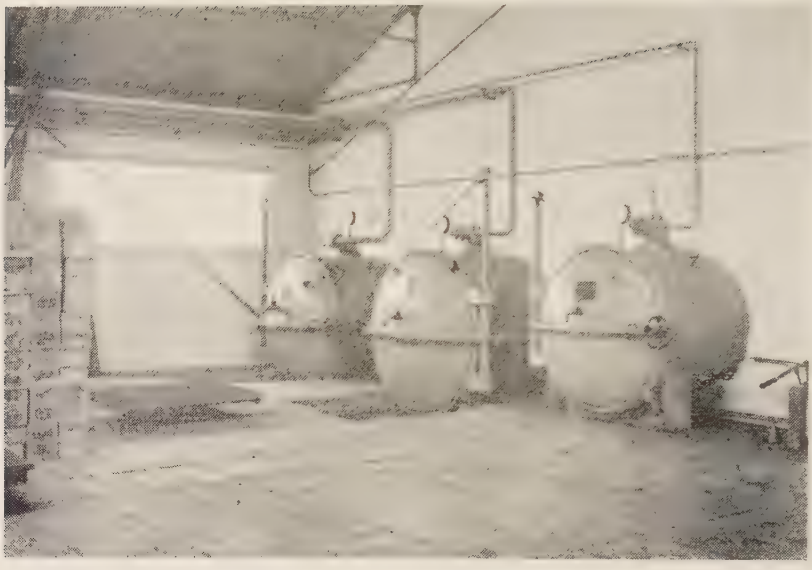


Fig. 17. — Une partie des autoclaves de la station de **Bougie.**

De gauche à droite : 22, 7 et 3 m³. Diamètres : 1 m. 75 et 1 m. 40. Vue du hall de chargement. L'axe de chaque porte est prolongé pour recevoir une barre de soutien de la porte. Remarquer la cloison dans laquelle sont encastrés les autoclaves et qui sépare les halls.

Fig. 18. — Autoclave à charnière latérale et à porte soutenue par chemin de roulement circulaire.

D'après Mackie (Observations on Vacuum Fumigation, Monthly Bull., 1931).

dises traitées par des insectes provenant des marchandises non traitées (5). Par mesure de précaution supplémentaire, un dispositif mécanique simple (excentriques montés sur un axe commun) interdit l'ouverture simultanée des deux portes; il permet de maintenir l'isolement des deux halls et empêche le personnel d'utiliser un autoclave comme chemin de passage de l'un à l'autre.

Lorsque les tanks ne sont munis que d'une seule porte, ces avantages disparaissent, bien entendu, et la recontamination est d'autant plus à craindre que les insectes à détruire sont plus agiles (charançons et autres coléoptères des grains ou des pâtes alimentaires, Carpophilus et chenilles des fruits secs, etc.).

La charnière autour de laquelle pivote une porte est placée, tantôt sur un des côtés (fig. 17, 56), tantôt sur le haut de la collerette (fig. 13, 19). On préfère l'ouverture latérale lorsque la place est suffisante pour permettre la révolution à 90° de la porte. Dans le cas contraire, on adopte l'ouverture verticale. Celle-ci n'est toutefois pas sans inconvénient. Dans les anciens modèles, le levage de la lourde porte se faisait au moyen d'un câble d'acier commandé par un treuil ou un contrepoids ; une fausse manœuvre ou la rupture du câble pouvait la laisser retomber et causer la mort d'un ouvrier. Dans les nouveaux types, cet accident n'est plus à craindre car, de l'autre côté de la charnière, la porte se trouve équilibrée par un contrepoids de fonte monté sur un axe commun (fig. 13 et 19). Mais, en définitive, c'est un poids dépassant largement la tonne qui porte sur le haut de la collerette de fonte et, si solide que soit celle-ci, son écrasement, son ovalisation sont, à la longue, inévitables. On a également parfois, pour soulager la collerette, monté la porte sur un rail qui la supporte et permet son escamotage de côté (fig. 20). Cette solution a l'inconvénient de provoquer un encombrement latéral considérable. En outre, la mise en place exacte de

(5) Ce risque est toutefois minime pour les ateliers très spécialisés, appelés à ne traiter que des marchandises en emballages commerciaux très soignés. Ceux-ci s'opposent pratiquement, d'une manière presque absolue, à la recontamination par migrations d'adultes d'un colis à un autre. L'utilité de la murette d'isolement des halls se trouve alors considérablement réduite.

la porte se fait moins facilement qu'avec une charnière et entraîne des pertes de temps gênantes, souvent inadmissibles.

Pour permettre l'emploi sans danger, dans les tanks, de gaz ou mélanges de gaz inflammables, des précautions multiples sont à prendre.

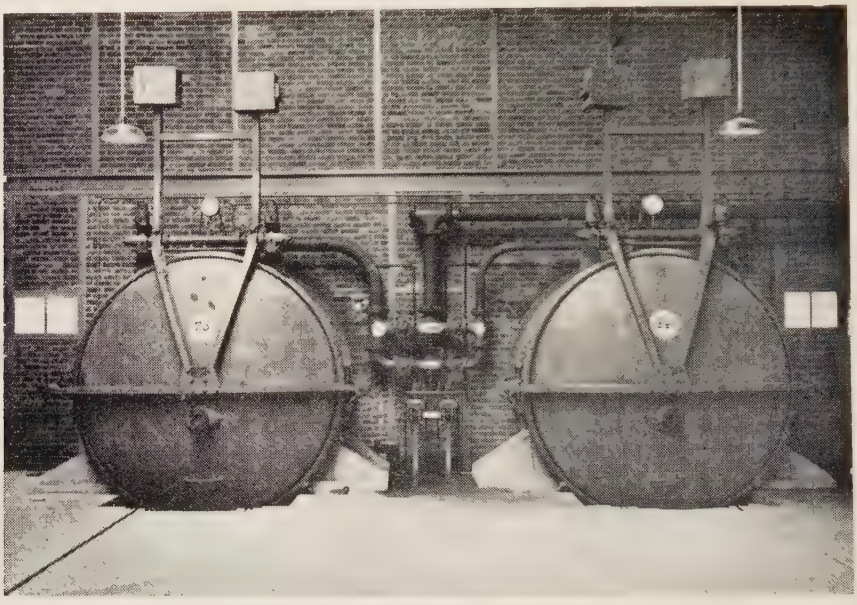


Fig. 19. — Autoclaves de 75 et 29 m³ de l'ancienne station du **Havre,** détruite par la guerre.
Diamètre : 2 m. 50. (Cliché Mallet).

Il convient de répéter en premier lieu que toute inflammation spontanée dans un autoclave est pratiquement impossible. D'une part, l'appareil, formant cage de Faraday, élimine la possibilité de toute action électrique d'origine extérieure. D'autre part, toute particule incandescente, cigarette mal éteinte, marchandises portant des points d'incandescence provoqués à l'extérieur par la projection d'allumettes enflammées (6), etc.,

(6) Le cas s'est, paraît-il, produit, d'une inflammation de sulfure de carbone dans un autoclave, par un colis dont on ne s'était pas aperçu que son emballage en tissu « tisonnait » au moment de son introduction.

qui aurait pu y être introduite par négligence ou malveillance lors du chargement, s'éteint, par défaut d'oxygène, pendant la mise sous vide.

Une inflammation accidentelle ne peut donc prendre naissance que dans la tuyauterie et les appareils accessoires (pompes à vide en particulier), et seulement pour l'une des raisons suivantes :

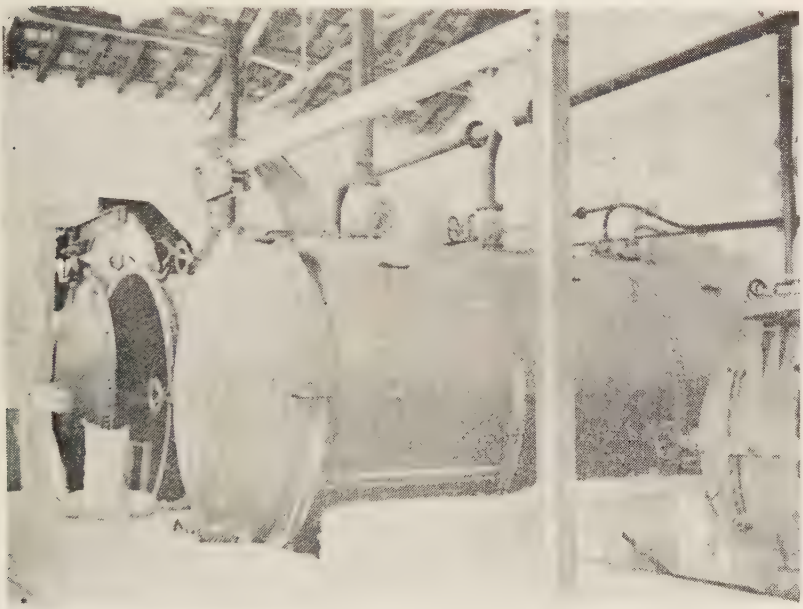


Fig. 20. — Autoclaves de 50 m³ de la station de **Casablanca** (Maroc).

Remarquer le monorail permettant l'escamotage latéral de la porte. (Cliché Défense des Végétaux du Maroc).

— Echauffement excessif de la pompe à vide en cours de fonctionnement, lors du rinçage des marchandises après traitement. En ce cas, une inflammation du mélange gazeux se produisant à la pompe peut remonter jusqu'à l'autoclave :

— si la vitesse du courant dans la canalisation n'est pas plus rapide que la vitesse de propagation de l'onde inflammatoire ou explosive.

— si des précautions ne sont pas prises sur le trajet de la canalisation pour s'opposer à la propagation de ces ondes vers l'autoclave.

— Etincelles par chocs de particules métalliques (limailles) entraînées dans le courant gazeux.

— A la rentrée du mélange gazeux, décharge électrique dans la masse du gaz qui peut s'électriser par frottement en raison de sa vitesse d'écoulement sur la paroi interne des canalisations, surtout si cette paroi est électriquement isolante (rouille, peinture, paraffine, etc.).

L'échauffement de la pompe est rendu impossible par un dispositif spécial qui arrête son moteur lorsque l'alimentation en eau de réfrigération de la jaquette de pompe cesse d'être assurée de façon suffisante. De plus, l'existence d'un clapet de retenue et d'un filtre à chicanes sur le trajet allant de la pompe à vide à l'autoclave oppose déjà des obstacles d'une certaine efficacité à la propagation éventuelle d'une déflagration dans cette direction.

Mais l'organe essentiel assurant d'une façon absolue la protection de l'autoclave contre une inflammation ou une explosion se propageant dans la tuyauterie est le « dôme de sécurité ». Il est bien visible sur les trois appareils de la fig. 17.

Cet organe a un triple rôle.

Tout d'abord, il empêche la propagation des ondes inflammatoires par un mécanisme analogue à celui qui est adopté dans les moteurs antidéflagrants (l'interposition de simples tissus métalliques, comme en sont pourvues les lampes de mineurs, est inopérante pour empêcher la propagation de la déflagration dans des courants animés d'une vitesse de plusieurs dizaines de mètres par seconde, comme c'est le cas ici). Il s'oppose en outre à la propagation des ondes explosives par une combinaison d'effets d'inertie et de trompe aspirante. Le dispositif réalisant ce double effet est constitué par une rondelle d'aluminium légèrement collée à la paraffine sur la tranche du collecteur et perpendiculairement à sa direction. Dans le cas où naît une onde explosive, celle-ci remonte d'aval en amont, de la pompe au dôme du tank, et décolle la rondelle pour s'épanouir à l'extérieur. Non freinée dans son mouvement, qui se fait préférablement, du fait de l'inertie, de façon

rectiligne, elle se propage ainsi vers l'extérieur sans gagner l'intérieur de l'autoclave garni du mélange inflammable.

Le dôme de sécurité comporte enfin, pour assurer la décharge électrique totale du flux gazeux qui le traverse, un dispositif spécial. Celui-ci, inspiré lui aussi des dispositifs antidéflagrants équipant divers appareils, est composé de lames d'aluminium (7) très rapprochées, entre lesquelles les gaz circulent pour aller du dôme au collecteur ou inversement.

Il joue un double rôle : au point de vue électrostatique (8), en déchargeant électriquement les particules entraînées à grande vitesse dans le courant gazeux ; au point de vue filtration des ondes inflammatoires, en écrasant la flamme qui pourrait remonter de la pompe.

Une expérience sur l'efficacité des dispositifs du dôme de sécurité a été réalisée, bien involontairement d'ailleurs, à la Station de Bordeaux en avril 1935, et a permis de conclure que le dôme de sécurité est un organe efficace absolument indispensable sur tout autoclave appelé à contenir des gaz inflammables, même avec addition d'un anticomburant tel que l'anhydride carbonique : une livraison défectueuse, une fausse manœuvre, un manque de surveillance rendent toujours possible, lorsque l'on emploie l'oxyde d'éthylène par exemple, la création d'un mélange combustible. Même dans les stations

(7) L'aluminium a été choisi parce que, résistant bien à l'oxydation et à la sulfuration, il reste toujours bon conducteur.

(8) Certains constructeurs ont parfois songé à réaliser une parfaite mise à la terre de l'enveloppe métallique que constitue un autoclave pour empêcher l'électrisation des gaz qui circulent dans cette enveloppe. Ils commettraient là une lourde erreur. En effet, dans le phénomène de frottement, le gaz prend l'électricité d'un certain signe et la tôle l'électricité de signe contraire. Ce phénomène est limité par l'attraction mutuelle qu'exercent l'une sur l'autre les deux charges de signes contraires. Si on permet à la charge du métal de s'écouler vers l'extérieur, on créé ainsi la possibilité de formation d'une nouvelle charge sur le métal. Il en résulte aussi la possibilité de l'addition d'une nouvelle charge de signe inverse dans les vapeurs ; la première charge n'a été en effet ni évacuée ni neutralisée. Il en résulte un survoltage du gaz, donc un risque accru de décharges dans la masse gazeuse, surtout si les tuyaux sont, comme on y a également parfois songé, paraffinés intérieurement. Dans ce cas, en faisant disparaître à coup sûr la conductibilité de la surface du métal, on intensifie beaucoup les phénomènes d'électrisation par frottement.

Le but idéal serait atteint avec des canalisations en aluminium dont la surface resterait inaltérée indéfiniment.

utilisant en principe des fumigants non inflammables et non combustibles, il est toujours à redouter qu'un jour ou l'autre, soit à l'occasion d'expérimentations, soit par suite de l'adoption future de nouveaux fumigants ne présentant plus cette caractéristique de sécurité, on se retrouve en présence de risques de cette catégorie, et qu'on omette alors de faire subir à l'appareillage les modifications requises pour y faire face. C'est pourquoi on doit admettre la nécessité d'équiper tous les autoclaves, indistinctement, avec des dispositifs de sûreté de ce genre.

L'étanchéité des portes était assurée, dans les débuts, par la simple portée du bord de la porte sur un joint élastique plein, de caoutchouc en général, encastré dans la collerette. Reprenant le chiffre déjà donné (35 tonnes) pour la pression

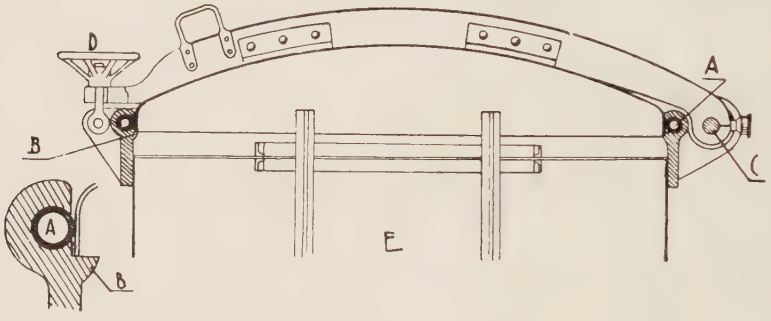


Fig. 21. — Joint d'étanchéité de porte d'autoclave.

A : Joint hydraulique. — B : Cornière d'appui ménagée dans la collerette et supportant la pression atmosphérique transmise par la porte. — C : Axe de la porte. — D : Ecrou à volant de serrage. — E : Voie ferrée de l'intérieur de l'autoclave.

exercée par l'atmosphère sur une porte d'autoclave mis sous vide, on constate qu'avec un joint de 30 mm. de largeur, la pression sur ce joint dépasse 17 kgs par centimètre carré, c'est-à-dire qu'elle est déjà assez considérable. Les alternances de compression et de décompression, la lente oxydation par l'air du caoutchouc, le fait enfin que celui-ci, soumis à des efforts dépassant certaines limites, subit un véritable « écrouissage » qui lui fait perdre ses propriétés élastiques, réduisent fortement la longévité de ces joints et, surtout, rendent précaire leur étanchéité.

On a ensuite adopté en France, dès avant 1930, un dispositif différent, beaucoup plus souple et plus sûr (fig. 21).

Il comporte l'emploi d'un boudin creux, en caoutchouc entoilé qui, gonflé hydrauliquement (il pourrait l'être également à l'air comprimé) après la fermeture de la porte, augmente de volume et vient s'appuyer élastiquement sur la tranche de la porte. Le boudin réalise ainsi entre la porte et la collerette un joint continu, étanche et très souple. Neuf, on le gonfle à 8 kgs ; en service depuis quelques semaines et déjà assoupli, une pression de 5 à 6 kgs suffit. Il ne supporte pas la poussée résultant de la pression atmosphérique car la porte ne s'appuie pas sur lui, mais sur une cornière circulaire en métal. Il fatigue donc peu, d'où minimum d'usure en service.

Ce dispositif a toutefois un inconvénient : le joint se distend, gonfle à la longue, et la porte, dans son mouvement de fermeture ou d'ouverture, vient frotter contre lui. Il peut y avoir ainsi une certaine usure par frottement et même, lorsque la collerette est un peu ovalisée, arrachement ou déchirement.

Une nouvelle disposition récemment adoptée (fig. 22) pallie ce défaut. L'étanchéité est toujours obtenue grâce à un boudin creux analogue, mais la gorge qui maintient celui-ci n'est plus à l'intérieur du tank : elle est en bout, comme l'étaient les joints pleins. Le joint est relié par une tuyauterie à un réservoir métallique empli d'eau et d'air comprimé faisant office d'accumulateur de pression. Au moment de la fermeture, la porte est amenée au contact du boudin qui, en raison de son élasticité propre et d'une légère pression interne qu'il supporte, fait saillie hors de la collerette. La porte est alors serrée sans excès avec un volant à écrou contre le joint, mais sans qu'on cherche à refouler complètement celui-ci dans sa gorge. On met ensuite en communication le boudin et le réservoir de pression : une certaine quantité d'eau comprimée s'écoule dans le joint, améliorant déjà l'étanchéité. La mise en marche de la pompe à vide va dès lors, en augmentant la poussée sur la porte, tendre à appliquer complètement celle-ci contre la collerette, refouler le joint au fond de sa gorge et, en même temps, faire refluer l'eau d'appoint dans le réservoir de pression.

Avant l'ouverture de l'autoclave, on isole à nouveau le boudin et le réservoir de pression et on desserre le volant à écrou ; la porte s'ouvre d'elle-même sous l'influence de la pression

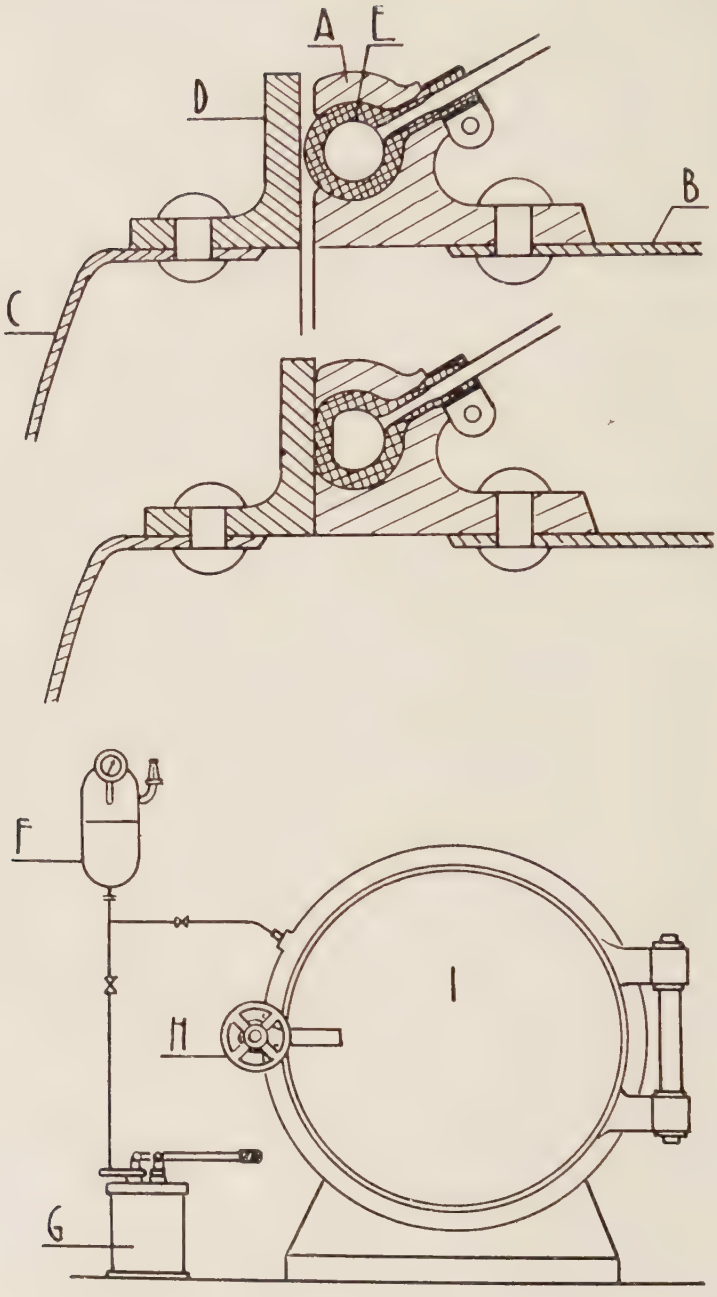


Fig. 22. — Joint d'étanchéité de porte d'autoclave. (Nouveau modèle Mallet).

A : Collerette. — B : Virole. — C : Porte. — D : Cornière circulaire de la porte. — E : Joint hydraulique. — F : Réservoir d'eau et d'air. — G : Pompe à eau. — H : Volant à écrou. — I : Autoclave.

résiduelle du fluide gonflant le joint et de l'élasticité propre du caoutchouc.

L'étanchéité générale des tanks et des tuyauteries de service doit être suffisante pour éviter des rentrées d'air amenant, en 14 heures, le vide de 670 à 560 mm., compte tenu des variations barométrique et thermique survenues entre temps (condition du cahier des charges ordinairement exigée en Afrique du Nord et qui est réalisée d'autant plus facilement que le cubage des autoclaves est plus gros).

Chaque tank comporte, outre l'arrivée des tubulures de manutention de vide et de gaz, une vanne ou tuyauterie d'admission de l'air de rinçage. Si cette admission se fait par vanne prélevant directement l'air de rinçage dans l'atmosphère, il y a bien entendu intérêt à la placer, pour réduire les allées et venues de l'opérateur, aussi près que possible des laboratoires. Extérieurement, un coude dirigé vers le bas protège ses organes internes contre le dépôt des poussières. Il y a souvent avantage, en outre, et surtout pour les vannes de gros diamètres, à souder en travers de ce coude une grille ou un croisillon évitant aux vêtements des ouvriers d'être happés et déchiquetés par l'aspiration. Cette précaution n'est indispensable, bien entendu, que lorsque les tubulures d'aspiration n'ont pu être placées dans un endroit ou à une hauteur excluant tout danger de ce genre.

L'air aspiré peut être amené, sans qu'il y ait là une obligation absolue, au-dessous du niveau de la plate-forme des wagonnets. On obtient ainsi, lors des rinçages d'air, un meilleur brassage des couches basses. Dans les stations où le réseau des canalisations de vide et de gaz est du type dit « à collecteurs » (fig. 43), la vanne n'existe pas puisque l'opérateur ne doit pas quitter les laboratoires ; les tuyauteries d'air de rinçage sont commandées du poste central (salle des générateurs et des gazomètres le plus souvent) et aboutissent, comme celles de vide et de gaz, au dôme de sécurité.

Les tanks d'une capacité supérieure à 3 mètres cubes sont en général munis d'une voie intérieure de 0 m. 60 ou 0 m. 80, avec dispositif de raccordement simple et rapide au circuit extérieur. Cette voie est munie en aval, c'est-à-dire du côté

de l'autoclave tourné vers le hall des marchandises traitées, d'un dispositif d'arrêt des wagonnets évitant à ceux-ci de buter, lors du chargement de l'autoclave, contre la porte de sortie, alors fermée ; le dispositif s'efface automatiquement au moment de la sortie lors du raccordement des rails intérieurs articulés au circuit extérieur.

Les autoclaves doivent avoir une longueur correspondant au logement d'un nombre déterminé de wagonnets standard. C'est la longueur totale des plateaux des wagonnets juxtaposés, augmentée de l'épaisseur des rails de raccordement relevés, qui doit la déterminer (9). Lors de la détermination de la longueur à donner à un autoclave, il ne faut donc pas prendre pour base de calcul le volume total de l'appareil, mais bien le nombre de wagonnets correspondant aux besoins à satisfaire.

Chaque tank, outre un manomètre métallique et un thermomètre à lecture directe fixés sur la virole ou le dôme, commande à distance un thermomètre et un manomètre enregistreurs, ainsi que deux manomètres à mercure (fig. 23 B) constitués par de simples tubes de verre plongeant dans une cuve à mercure (10). Si les deux premiers appareils sont facultatifs, un peu spectaculaires à vrai dire, il n'en est pas de

(9) Cette disposition des rails de raccordement à l'intérieur de l'autoclave fait perdre une petite partie de la longueur (10 centimètres), donc du volume utile de celui-ci.

Deux autres solutions ont été envisagées, mais finalement repoussées. La première consiste à fixer l'axe des rails pivotants à l'extérieur de l'autoclave, en bout de la voie fixe scellée dans le sol d'un hall. Mais ces rails relevés constituent une gêne et même un danger pour les pieds des ouvriers. Dans la seconde, on utilise une voie de raccordement entièrement mobile que l'on dispose ou enlève selon les besoins. Ce système comporte également une gêne et une manipulation supplémentaire.

(10) Il ne s'agit pas là, à proprement parler, de « baromètres » comme on les appelle souvent dans les stations. Un baromètre est un appareil qui mesure une pression voisine de la pression atmosphérique par rapport au vide absolu. Un manomètre, dans le sens courant du mot, mesure au contraire la pression, quelle qu'elle soit, régnant dans une enceinte par rapport à la pression atmosphérique, ou par rapport à une pression ambiante quelconque. Le « manobaromètre à mercure » (fig. 23 A) mesure la pression d'une enceinte, que cette pression soit égale ou inférieure à la pression atmosphérique, par rapport au vide absolu ; dans cet appareil, les deux ménisques doivent être respectivement en contact, l'un avec le vide barométrique, l'autre avec la pression résiduelle régnant dans l'enceinte à

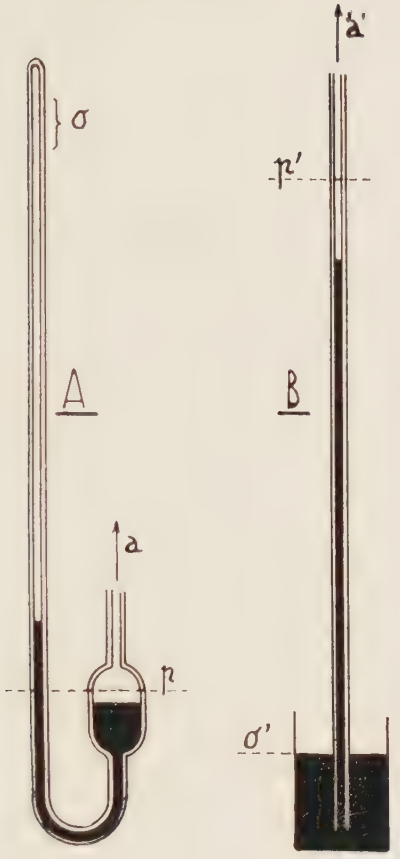


Fig. 23. — Manobaromètre et manomètre à mercure représentés sous un vide de 700 mm. environ.

A : Manobaromètre. — o : Zone des niveaux du 0 (variable), correspondant à la pression atmosphérique. — p : Niveau du mercure dans les deux branches sous vide absolu.

B : Manomètre à mercure. — o' : Niveau du 0 (invariable), correspondant à la pression atmosphérique. — p' : Niveau du mercure dans le tube sous vide absolu.

a, a' : Vers l'autoclave.

contrôler. Un manobaromètre indique donc, le vide étant cassé, la pression atmosphérique du moment et, sous vide, la pression absolue de l'atmosphère de l'autoclave, d'où l'on déduit le vide partiel réalisé.

Bien que beaucoup plus corrects comme nous allons le voir, les manobaromètres présentent en pratique des inconvénients qui ont obligé à renoncer à leur emploi. Tout d'abord, ils ont un point de départ dit dans les stations « zéro » (niveau du mercure correspondant à la pression atmosphérique du moment) variable ; le repère correspondant au vide de

même des deux derniers. Ceux-ci sont véritablement indispensables. Le thermomètre à lecture directe ne sert que comme contrôle du thermomètre enregistreur qui doit être assez fréquemment vérifié et réglé. Le manomètre enregis-

20 mm. par rapport à la pression atmosphérique (vide sous lequel s'effectue la désinsectisation proprement dite) l'est donc aussi. Un curseur à régler à pression atmosphérique avant de commencer toute opération serait donc indispensable. Ensuite et surtout, la confection de ces appareils et tout particulièrement leur transport exigent de sérieuses précautions correspondant à la nécessité de réaliser et de maintenir le vide absolu dans la branche supérieure scellée de l'U.

Avec un simple tube de verre plongeant dans une cuve à mercure, dans lequel l'aspiration se fait par le haut (fig. 23 B), le zéro des mesures est invariable (niveau du mercure dans la cuve lorsque l'enceinte de l'autoclave est à pression atmosphérique). Il donne la différence entre la pression atmosphérique et celle de l'autoclave en restant insensible aux variations de la première. Ce type d'appareil, simple et bon marché, ne présenterait d'inconvénient qu'au cas où, un jour, la pression atmosphérique étant de 740 mm., on voudrait réaliser un vide de 720 mm. Celui-ci serait alors beaucoup plus long à obtenir (il serait même certainement impossible de l'obtenir avec des pompes quelque peu usagées), la pression résiduelle tombant à 20 mm., que si la pression atmosphérique était de 760 mm., ce qui correspondrait à une pression résiduelle de 40 mm. dans l'autoclave.

Inversement, on peut invoquer le risque d'une pénétration insuffisante du fumigant dans les marchandises au cas où, la pression atmosphérique étant anormalement élevée, on se contenterait d'opérer en fonction des indications du manomètre à tube plongeur. Si, par exemple, la pression atmosphérique est de 765 mm. alors que le vide dans l'autoclave est de 705 mm., la pression résiduelle dans l'autoclave n'est que de 60 mm. Cette même colonne de mercure représentera seulement une pression absolue de 20 mm. pour une pression atmosphérique de 725 mm. tandis que, lorsque la pression atmosphérique est de 782 mm., elle représentera 77 mm. absolus (ces deux chiffres de 725 et 782 mm. représentent la plus forte et la plus faible moyenne mensuelle constatées à Paris, c'est-à-dire que ces valeurs ne sont pas des valeurs exceptionnelles ; l'écart entre les valeurs limites constatées est beaucoup plus grand : 673 et 826 mm.). Or, ce qui compte au point de vue de la pénétration des vapeurs insecticides sous l'action du vide est précisément la valeur absolue atteinte pendant la mise sous vide ou, plus exactement, le rapport entre cette valeur absolue et la valeur de la pression atmosphérique au même moment. Si donc on admet qu'il faille pousser le vide à 720 mm. pour traiter une marchandise déterminée dans des conditions déterminées, la pénétration, qui peut se mesurer théoriquement par le rapport entre le volume d'air imprégnant le colis traité au moment où il est sous vide et le volume occupé au centre du colis par ce même air lorsqu'il se trouve ramené à pression atmosphérique après entrée du mélange fumigant/air, est :

62/782, soit environ 1/12 pour une pression atmosphérique de 782 mm.
5/725, soit environ 1/145 pour une pression atmosphérique de 725 mm.

C'est dire que l'on pourrait théoriquement avoir des surprises désagréa-

treur doit être, de même, réglé sur le manomètre à mercure [11].

Les deux diagrammes d'enregistreurs constituent une pièce de référence importante en cas de « raté » dans une opéra-

bles en s'en tenant aux indications d'un manomètre ne donnant pas la pression absolue. Théoriquement car, en fait, il faut remarquer que :

1° Les pompes industrielles ordinairement utilisées en **DVP**, après un certain usage, ne peuvent donner le vide de 720 mm. lorsque la pression atmosphérique est de 725 mm. et que l'exemple choisi donne par conséquent une disproportion nettement exagérée.

2° Le vide le plus fréquemment réalisé en **DVP** est de 670 mm., auquel cas les rapports deviennent :

112/782, soit environ 1/7 pour 782 mm.
55/725, soit environ 1/13 pour 725 mm.

La différence entre les volumes résiduels ne varie donc plus que de 1 à 2 et non de 1 à 12 comme dans le premier cas. De plus, des écarts de pression atmosphérique aussi considérables que ceux signalés sont fort rares, la pression oscillant le plus généralement entre 765 et 755 mm. En fait, depuis vingt ans que les stations françaises fonctionnent, aucun inconvénient résultant de l'emploi des manomètres à tube plongeant dans la cuve à mercure n'est jamais apparu de façon perceptible.

C'est en définitive l'obligation de simplifier au maximum le matériel et surtout les consignes des stations qui nous a amené à admettre ce type d'appareil. Il en est de même d'ailleurs, à un point de vue voisin, des techniques de vide ; scientifiquement, celles-ci devraient être codifiées en % de pression atmosphérique et non en mm. de mercure.

(11) Pour éviter toute erreur importante due à la capillarité dans les tubes de verre constituant les manomètres, ceux-ci devraient avoir un diamètre intérieur minimum de 6 mm. Une telle section nécessite une assez forte quantité de mercure, d'autant plus qu'il y a intérêt à employer une cuve assez large pour réduire la dénivellation lors de l'ascension du mercure. Une soixantaine de centimètres cubes, soit près d'un kilogramme de mercure, serait pratiquement nécessaire.

En fait, autant pour réduire la dépense que pour diminuer l'encombrement, on n'utilise que des tubes de 3 et même de 2 mm. Lors de la mise en route d'une station, tous les autoclaves, six par exemple, sont solidairement mis sous vide jusqu'à ce qu'un manomètre de 6 mm. de diamètre, branché extemporanément, accuse une hauteur de mercure de 720 mm. Cette indication est aussitôt portée sur les douze manomètres de section réduite, quelles que soient les hauteurs respectives de leurs colonnes de mercure. Par des entrées d'air successives, et toujours en se référant au manomètre de 6 mm., on atteint ensuite et on note les vides inférieurs, par exemple 700, 620, 540, 460, 380, 300, 220, 140, 60 et 20 mm. Il est facile de graduer ensuite centimétriquement les hauteurs intermédiaires. Le manomètre de 6 mm. est débranché après ces réglages.

Réalisée dans ces conditions, la graduation des manomètres n'est pas métrique : elle tient compte, en effet, de l'abaissement dans la cuve du niveau du mercure lorsqu'une partie de celui-ci s'élève dans le tube.

tion : ils doivent être conservés, pour cette raison, pendant au moins une année.

Les manomètres à mercure sont placés, l'un près des commandes des pompes, l'autre près de la vanne maîtresse d'introduction des gaz : ce sont les indicateurs principaux que surveille l'opérateur pour stopper l'aspiration ou l'injection du mélange insecticide.

Aucun des appareils de contrôle ne doit être muni d'un dispositif de sectionnement permettant de l'isoler de l'autoclave qui le commande : il reste sous la dépendance complète et permanente de l'ambiance où se trouvent les marchandises.

Surveillance et entretien.

Un autoclave d'acier nécessite peu de soins : peinture extérieure et paraffinage intérieur avec un mélange de 350 grammes de paraffine pour un litre d'essence minérale (mélange à faire en versant l'essence dans la paraffine préalablement fondue).

Pour les autoclaves de ciment, le seul entretien porte, en cas de constatation d'une diminution de l'étanchéité, sur la réfection partielle de l'imprégnation extérieure imperméabilisante (badigeonnage au brai fondu de l'autoclave préalablement mis sous vide, ou application au pistolet, etc., suivant la nature de l'enduit initial).

Les boudins d'étanchéité, lorsqu'ils sont placés à l'intérieur de l'autoclave, nécessitent une surveillance constante. Il faut empêcher les ouvriers de les détériorer, soit en les gonflant lorsqu'une porte est mal fermée ou même ouverte, soit en marchant dessus, soit par frottement des marchandises (wagonnets chargés trop haut ou sur une trop grande largeur) lors du chargement. Il faut donc veiller de près à la bonne disposition des colis sur les wagonnets. Les boudins doivent être tenus très propres et légèrement suifés. Ces petits inconvénients sont totalement éliminés des dispositifs modernes de fermeture, où les joints, logés dans une gorge ménagée sur la tranche terminale du corps de l'autoclave, ne sont pas exposés par conséquent à ces diverses causes de souillure ou de frottement.

Dans les stations, les boudins de rechange doivent être

conservés autant que possible à l'abri de l'air et dans la forme qui se rapproche le plus de celle de l'emploi. On utilisera dans ce but des porte-joints spéciaux (fig. 24) en demi-lune qui, fixés à un mur, occasionnent un minimum d'encombrement tout en gardant aux joints leur forme circulaire. Ceux-ci y sont suspendus enduits de talc et recouverts de bandelettes de papier, à la manière des pneumatiques d'automobiles.

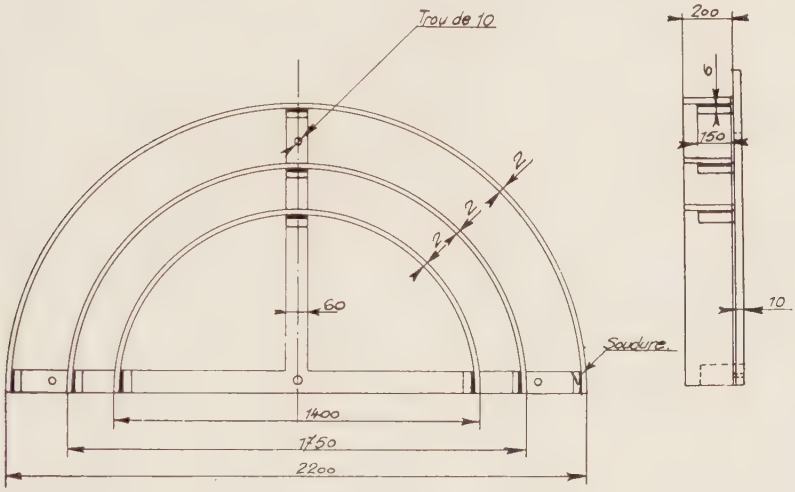


Fig. 24. — Porte-joints pour diamètres de 1 m. 40, 1 m. 75 et 2 m. 20.

Il est utile, en outre, de vérifier de temps en temps, en entrant dans l'autoclave et en faisant refermer les portes, la bonne portée de celles-ci sur la cornière circulaire de maintien. La collerette peut, en effet, s'affaisser légèrement à la longue par la libération de tensions qui se sont produites dans les pièces de fonte au moment de la coulée, par le tassement des fondations, ou même par son propre poids, ce qui amène une ovalisation [12] et peut compromettre la régularité de la

(12) Cette ovalisation peut être « rattrapée » à froid, avec un simple cric de camion. Le cric est coincé exactement dans le petit axe de l'ovale ; il agit sur la collerette par interposition de pièces de bois tendre. On gagne chaque jour, sans risque de rupture de la fonte, 2 ou 3 mm., mais il ne faut pas tenter d'aller plus vite. Le cric est enlevé de temps en temps pour vérifier les progrès réalisés et s'arrêter en temps utile.

portée. Cet inconvénient est, lui aussi, très sérieusement réduit dans le système de fermeture moderne où le logement du boudin est ménagé dans la tranche extrême du corps de la collerette.

Lorsqu'un autoclave vient d'être peint, il convient de s'assurer que la couche de paraffine collant la rondelle antidéflagrante à la tranche du collecteur n'a pas été recouverte par la peinture. Celle-ci peut rendre le collage trop solide et on perd ainsi le bénéfice du dispositif de sécurité : la propagation, vers l'intérieur de l'autoclave, d'une onde explosive ayant pris naissance dans des appareils extérieurs à ce dernier, redevient ainsi possible.

Le filtre électrostatique du dôme parvient à s'obstruer partiellement à la longue. Des fibres provenant surtout des sacs de marchandises viennent se bourrer, pendant l'aspiration, entre les lamelles d'aluminium, y retiennent et y accumulent les poussières jusqu'à former un feutrage compact. Une difficulté accrue en résulte pour les opérations de vide qui demandent alors un temps plus prolongé.

Pour pallier cet inconvénient, il convient, tous les deux ou trois ans (ou lorsque le besoin s'en fait sentir), de séparer du dôme le filtre électrostatique et de nettoyer les lamelles sans les démonter. Ce nettoyage se fait préférablement à sec, sans utiliser un solvant qui risquerait de laisser en surface du métal un résidu plus ou moins isolant.

Les enregistreurs exigent une certaine attention des opérateurs. Ils sont périodiquement contrôlés par comparaison avec les appareils physiques et constamment tenus fermés. Les enregistreurs de vide sont étalonnés par comparaison avec les manomètres à mercure sous le vide de 670 mm.

Sur les manomètres à mercure, on constate parfois, en surface du métal, un encrassement dû au dépôt de poussières et à l'oxydation. Il suffit de démonter la cuve. La crasse tombe du tube dans la cuve lorsqu'on baisse celle-ci et on nettoie la surface du mercure avec un bristol plié. Pour nettoyer le tube, on y enfonce par-dessous un fil de fer muni à son extrémité d'un tampon de coton.

MATERIEL DE GONFLAGE DES JOINTS

Dans les installations de petite ou moyenne importance, et dans les grandes où le service n'est pas chargé, le gonflage des boudins se fait en une ou deux minutes avec une pompe à main du type « pompe d'épreuve ». Divers dispositifs de sécurité empêchent le gonflage intempestif des joints et la production dans ces derniers de pressions excessives. Chaque pompe, munie des dispositifs d'isolement nécessaires, dessert un ou plusieurs autoclaves. Pour chacun d'entre eux toutefois, elle dessert solidairement les joints hydrauliques des deux portes.

Ces pompes, simples et robustes, sont munies d'un réservoir ou « bâche » en métal ou en fibro-ciment, fixe ou de préférence amovible.

Dans les installations importantes ou qui doivent fournir un gros rendement, le gonflage des boudins est fait au moyen d'un groupe moto-pompe automatique qui assure l'approvisionnement permanent de l'atelier en eau comprimée entre 8 et 12 kgs/cm^2. Il est sage cependant de prévoir une pompe à main de secours.

Dans certains cas, le gonflage des joints peut se faire à l'air comprimé, soit à l'aide d'un groupe compresseur automatique, soit à l'aide de bouteilles et de mano-détendeurs. Dans ce dernier type d'équipement, l'installation doit être munie de dispositifs de sécurité contre les surpressions, à fonctionnement particulièrement sûr.

Enfin, lorsqu'on dispose d'un réseau de distribution d'eau de ville à régime très constant et régulier sous une pression supérieure à 7 kgs, on peut brancher directement ce réseau sur les boudins, avec la seule interposition d'un robinet à trois voies (remplissage et vidange).

Surveillance et entretien.

L'intérieur d'une bâche métallique d'alimentation de pompe doit toujours être soigneusement peint. Au cas où l'eau utilisée n'est pas fréquemment renouvelée, une couche de pétrole est disposée en surface pour éviter la pullulation des moustiques. Il faut, de temps en temps, provoquer le fonctionne-

ment de la soupape (en exagérant la pression) pour s'assurer qu'elle ne colle pas à son siège. Le piston doit être tenu graissé et le presse-étoupe garni et serré. On évitera, lors du gonflage du joint, les coups de levier trop brutaux qui détériorent la spirale du manomètre et faussent à la longue ses indications.

Il convient toujours de s'assurer, avant de monter en pression, que les portes de l'autoclave à rendre étanche sont bien fermées et que les manivelles de décollement des portes, pour les autoclaves qui en sont munis, ont été ramenées en position de repos.

Matériel de pompage et accessoires

POMPES A VIDE

Suivant la nature des produits qu'une station est appelée à traiter, on doit prévoir deux équipements différents :

1° L'atelier reçoit des marchandises relativement peu compactes, c'est-à-dire dans un état de division correspondant au maximum à celui du riz ou du blé. En ce cas, on utilise les pompes à un étage. Ces pompes, à l'état de neuf, et pendant assez longtemps si elles sont bien entretenues, donnent un vide allant jusqu'à 97 % du vide absolu, soit 735 ou 740 mm. Toutefois, elles sont surtout prévues pour réaliser pratiquement le vide de 670 à 680 mm., ce qui correspond à une marche prolongée dans les conditions usuelles.

2° L'atelier est appelé à traiter des produits très compacts ou absorbants : farine, tapioca, semoule, fibre de coton (des denrées comme les fruits secs en caisses ne doivent pas, à ce point de vue, être considérées comme « compactes », l'air y remplissant des cavités de volumes appréciables). Dans ce cas, on utilise des pompes compound, à deux étages, pouvant être disposées, soit en série, soit en parallèle. La disposition en parallèle permet d'obtenir rapidement les vides moyens ; la disposition en série donne les vides poussés, mais en un temps sensiblement plus long.

Les stations sont munies de pompes permettant d'atteindre, dans les plus gros autoclaves, un vide de 670 mm. en 10 à 12 minutes en général. Les ateliers très chargés peuvent être munis de pompes plus puissantes en vue de réduire cette durée. Inversement, dans les ateliers où on n'envisage qu'un traitement par huit heures, ou deux ou trois traitements par jour, on peut employer des pompes de puissance moindre, la durée de la mise sous vide pouvant alors atteindre sans inconvénient 15 et même 30 minutes (jusqu'à trois quarts d'heure pour les vides poussés).

Les pompes à vide les plus fréquemment utilisées sont, pour l'instant, celles à un étage. Leur refroidissement s'effectue en général par circulation d'eau dans une jaquette (les pompes à refroidissement par air ne sont pas à conseiller car elles ne permettent pas un contrôle aussi rigoureux des échauffements possibles. Elles sont toutefois acceptables lorsqu'elles ne desservent que des autoclaves dont la capacité ne dépasse pas 5 mètres cubes et qui ne doivent utiliser que des fumigants incombustibles). Elles reçoivent les accessoires suivants : clapet de retenue, filtre à poussières, pot de récupération d'huile à l'aval, silencieux.

Mues par des moteurs de puissance adéquate, elles sont caractérisées en principe par leur volume engendré horaire, évalué en dizaines de mètres cubes d'air, espaces morts non compris. Si l'on ne tient pas compte de la perte de charge au passage des tubulures d'aspiration et de refoulement, cette caractéristique mesure en somme le volume de gaz que débiterait par heure la pompe aspirant directement dans une enceinte sous une pression donnée et refoulant directement dans cette même enceinte, ou dans une autre enceinte où régnerait la même pression. Ainsi, les dénominations P 6, P 15, P 25, P 50, P 100, correspondent à des débits de 60, 150, 250, 500 et 1.000 m^3/heure. Ces pompes sont choisies de puissance telle qu'elles soient capables de produire un vide de 650 à 670 mm., dans l'autoclave correspondant, en une dizaine de minutes le plus souvent [13]. Si une pompe à vide

(13) Pratiquement, il faut une pompe P 6 pour un autoclave de 1,5 à 2,5 m^3 ; une P 15 pour un 6 à 7 m^3 ; une P 25 pour un 10 à 12 m^3 ; une P 50 pour un 20 à 25 m^3 ; une P 100 pour un 45 à 50 m^3

doit desservir également d'autres tanks de capacité inférieure, le vide sera obtenu dans ces tanks en un temps plus court dans la proportion des capacités elle-même. Ainsi, une pompe à air destinée au service d'un tank de 10 m³, où elle produit en dix minutes le vide de 670 mm., produira le même vide, dans un tank de 4 m³, en environ quatre minutes, et en deux minutes et demie dans un tank de 2 m³ 5. Inversement, employée pour le service d'un tank de 20 m³, elle demandera vingt minutes pour le même résultat.

Les dénominations ci-dessus : P 6, P 15, etc., utiles si les pompes fonctionnent en compresseurs, par leur spécification du volume horaire engendré, deviennent tout à fait insuffisantes pour permettre de se rendre compte des résultats obtenus quand elles fonctionnent en pompes à vide. En effet, s'il s'agit d'atteindre des vides dépassant 500 ou 550 mm. de mercure, comme c'est le cas, la considération des espaces morts devient très importante. C'est l'inévitable présence de ceux-ci qui ralentit la vitesse d'aspiration. (Cet espace mort subit des variations importantes d'un type de pompe à un autre et est, en général, beaucoup plus grand dans les pompes alternatives que dans les pompes rotatives. C'est ainsi que deux pompes de même puissance nominale, c'est-à-dire de même volume horaire engendré, peuvent demander, pour produire les mêmes résultats, des temps différant du simple au double. La puissance consommée pour obtenir ce résultat varie dans le même sens et dans des proportions encore plus grandes).

L'accouplement de la pompe au moteur est réalisé, soit au moyen d'un arbre de transmission avec poulies et courroies, soit directement en bout d'arbre. Dans ce dernier cas, le plus fréquent, l'entraînement est obtenu par réunion des deux volants au moyen de chevilles métalliques enrobées de caoutchouc ou, dans les plus petits modèles, au moyen de chevilles en bois dur (buis). Les chevilles sont encastrées à libre jeu dans des logements ad hoc pratiqués dans les deux volants, de façon à faciliter leur rupture éventuelle lors d'un grippage de la pompe. En aucun cas, des chevilles de bois ne doivent être remplacées par des pièces métalliques : si la pompe grippait, malgré l'augmentation anormale du couple résistant, elle serait encore, un certain temps tout au moins, entraînée par le moteur, l'accouplement ne cédant pas. Les dégâts au stator,

déjà probablement sérieux, deviendraient irréparables et la pompe serait hors d'usage, sans préjudice des dommages que pourrait subir lui-même le moteur électrique attelé à la pompe.

Ce type de pompe est dit « rotatif à palettes » ou « à rotor-stator » (fig. 25).

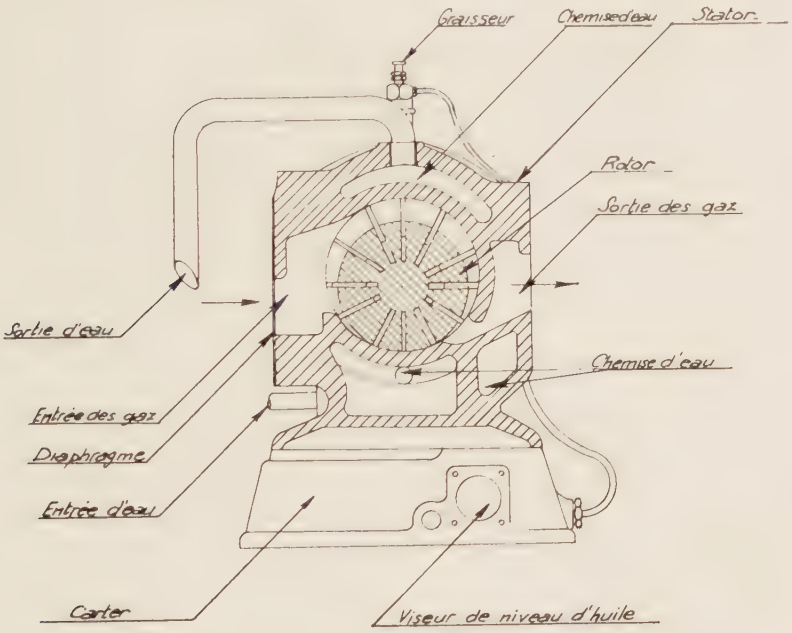


Fig. 25. — Pompe rotative à palettes. Coupe transversale.

Les gaz aspirés entre les lamelles radiales sont comprimés à mesure que celles-ci rentrent dans leur rainure et que la surface du rotor se rapproche davantage de celle du stator. Ils s'échappent, comprimés au maximum, par l'orifice d'évacuation.

La puissance théoriquement nécessaire à l'entraînement d'une pompe à vide qui opère, à partir de la pression atmosphérique, l'évacuation progressive de l'atmosphère d'une enceinte fermée, varie dans une proportion notable au fur et à mesure de l'épuisement de cette atmosphère. Cette puissance est la résultante, à chaque instant, de la variation en sens opposés de deux facteurs qui sont :

1° Le volume, mesuré à la pression atmosphérique, du gaz aspiré par la pompe dans cette enceinte, et refoulé dans l'atmosphère.

2° La différence de pression entre ladite enceinte et l'atmosphère extérieure.

Le premier facteur part d'un maximum, à peu de chose près égal au volume engendré, lorsque l'enceinte à évacuer est à la pression atmosphérique, pour tomber à zéro lorsque le vide parfait est atteint (pour autant qu'il puisse l'être). Le deuxième part de zéro au début de l'évacuation, pour atteindre une atmosphère en fin d'évacuation complète. A ces deux facteurs variables se surajoutent les frottements, qui sont sensiblement constants de bout en bout de l'opération. Si ce dernier facteur n'intervenait pas, la puissance nécessaire partirait de zéro, atteindrait un maximum correspondant à la réduction de la pression, dans l'enceinte évacuée, aux 2/3 de la pression atmosphérique, puis décroîtrait à nouveau jusqu'à zéro pour le vide absolu. En pratique, la puissance exigée correspond sensiblement aux frottements au début de la période d'évacuation, croît jusqu'à un maximum pour un vide à peu près moitié de celui que l'on veut atteindre, puis décroît jusqu'en fin d'évacuation, en restant toujours nettement au-dessus de la puissance nécessaire au démarrage, puisqu'on reste pratiquement toujours très au-dessous du vide absolu.

On a, en conséquence, intérêt à réduire le temps qui correspond à ce travail maximum pendant lequel moteur et pompe chauffent davantage. Il est donc nuisible, pour une motopompe, de la brancher sur un volume d'autoclaves trop important pour elle, exigeant de sa part une durée accrue de la période de travail maximum.

A la pompe sont toujours adjoints des graisseurs à débit visible, fonctionnant par pompe automatique ou par aspiration dans un carter ou un réservoir.

En amont de la pompe se trouvent un filtre d'air métallique à rétention par couche d'huile, un clapet de retenue et un diaphragme. Le premier a pour but d'éviter une détérioration rapide de la pompe par l'action des poussières en suspension dans l'air de l'autoclave, en particulier au moment du

second rinçage, ainsi que des corps étrangers provenant des marchandises fumigées ou des tuyauteries. Le second a seulement pour but d'empêcher des retours d'air importants d'aval en amont lors de l'arrêt de la pompe. Le diaphragme crée, sitôt la pompe mise en route, une dépression d'air suffisante dans le corps de pompe pour provoquer le fonctionnement des graisseurs (il est bien entendu inutile lorsque existe une pompe à huile automatique dont le fonctionnement est indépendant du vide engendré dans la pompe à air). La pompe est munie en aval, au départ de la tuyauterie de refoulement, d'un pot de récupération (une garde en U est insuffisante) destiné à recueillir en partie l'huile de graissage éjectée dans le courant gazeux. La tuyauterie de refoulement est, enfin, munie à sa terminaison au-dessus du toit, d'un silencieux

Surveillance et entretien.

Il convient de jeter de temps en temps, pendant la marche, un coup d'œil sur l'ampèremètre du tableau (fig. 26) pour s'assurer que la consommation d'énergie nécessitée par le travail de la pompe est normale.

Une pompe, sauf l'entretien du graissage des roulements, ne demande guère de soins.

L'état des chevilles d'accouplement ne pouvant être vérifié en raison de leur emplacement, il est indispensable d'en posséder deux jeux de rechange. La surveillance de la pompe même et de ses accessoires porte sur son étanchéité, la régularité du graissage et de la réfrigération, c'est-à-dire en somme, pour cette dernière, sur le bon fonctionnement du dispositif de sécurité. En ce qui concerne l'étanchéité, il suffit, de temps en temps, de resserrer légèrement, d'un sixième ou d'un quart de tour, le presse-étoupe d'en bout d'axe. Après ce resserrage, la rotation doit rester douce à la main quoiqu'un peu moins libre qu'auparavant. Il convient d'ailleurs de vérifier, à la première mise en route et après cinq à six minutes de marche, que le serrage n'a pas été exagéré : le coussinet ne doit pas chauffer anormalement.

Le dispositif de sécurité a pour but, lors d'un arrêt accidentel de l'eau de réfrigération, de stopper le moteur sans que celui-ci puisse ultérieurement se remettre en route de

lui-même quand le courant d'eau est rétabli. Ce dispositif, agissant comme contact auxiliaire de maintien avec soufflage magnétique, est commandé à distance par un basculeur-contacteur à mercure monté sur un entonnoir basculeur à écou-

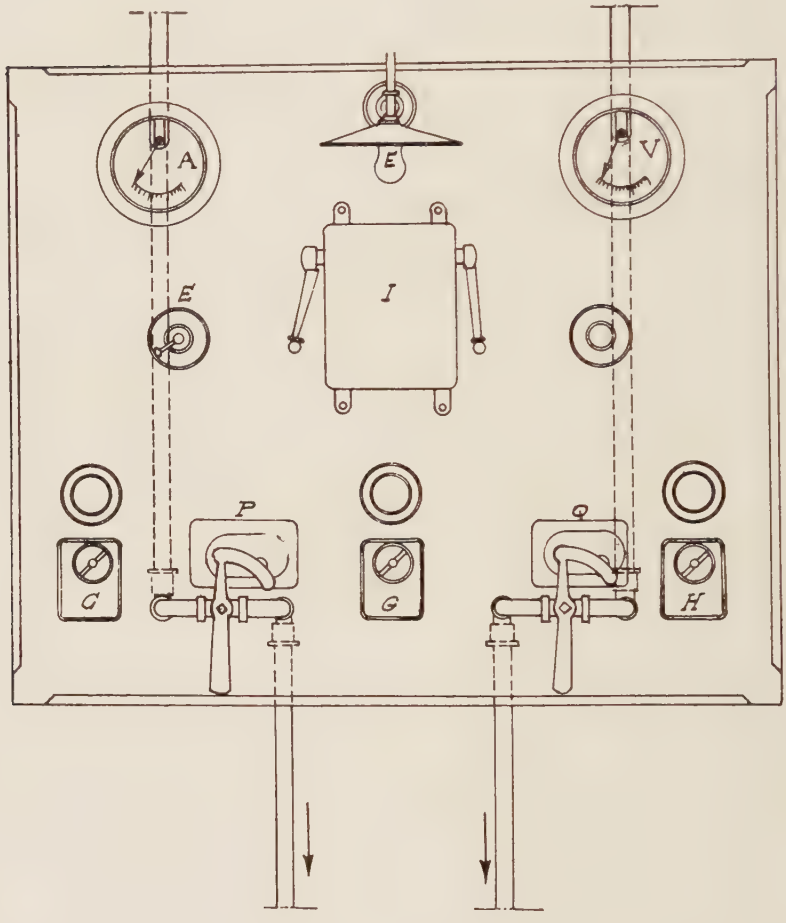


Fig. 26. — Tableau de commande pour petite station à deux pompes.

A : Ampèremètre. — C : Commande des résistances du chauffe-eau. — E : Eclairage du tableau. — G : Commande des résistances du gazomètre de fumigant. — H : Commande des résistances du vaporiseur d'anhydride carbonique. — I : Interrupteur général. — P, Q : Commandes des pompes (les boutons poussoirs « marche-arrêt » ne peuvent être manœuvrés que si on ouvre le robinet d'alimentation en eau de réfrigération).

lement partiel (fig. 27). Dès que le débit de l'eau de réfrigération est interrompu, l'entonnoir basculeur se vide par l'orifice ménagé dans son fond à cet effet ; le contrepoids le fait basculer, interrompant le circuit du contact auxiliaire de maintien du court-circuit du moteur, et la moto-pompe est

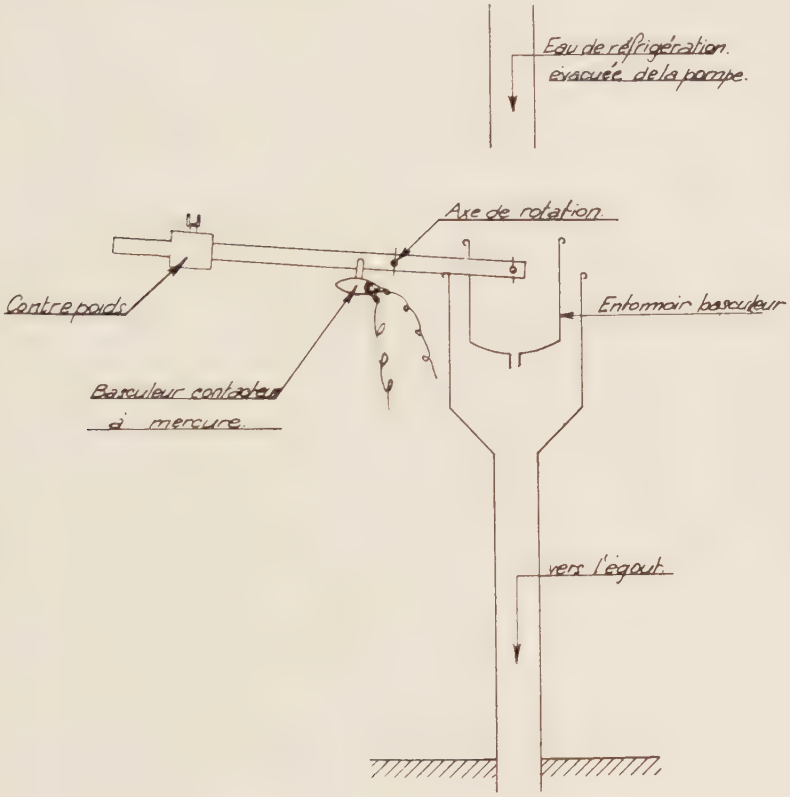


Fig. 27. — Dispositif d'arrêt automatique d'un moteur en cas d'arrêt du débit de l'eau de réfrigération.

stoppée. La surveillance de cet appareil porte donc surtout sur l'orifice du fond qui doit constamment rester libre, et le jeu correct du levier sur son axe. Dans un des cas contraires (obturation du trou ou grippage de l'axe), la pompe continuerait à tourner malgré l'arrêt de la réfrigération et de graves détériorations pourraient être enregistrées.

Quant aux graisseurs, on constate parfois que la goutte tremble avant de tomber, puis qu'elle est comme soufflée et vient s'écraser contre le verre du graisseur au lieu de tomber franchement et verticalement. Il s'agit là d'une fuite d'air au graisseur et un resserrage du joint suffit à rétablir le débit normal.

Une surveillance attentive doit être exercée sur les niveaux d'huile du carter ou du réservoir, selon le type de pompe

Le filtre d'air, en raison de son rôle très important, doit toujours être tenu propre et bien huilé. Il faut procéder à son démontage fréquent, en nettoyer le fond et, surtout, l'élément métallique filtrant. Celui-ci est lavé au pétrole, bien égoutté, puis rechargé par trempage dans l'huile.

Le clapet de retenue et le diaphragme n'ont pas besoin de soins spéciaux.

MOTEURS

Les moteurs électriques sont à juste titre, et chaque fois qu'il est possible, préférés en raison de leur commodité de manœuvre et d'entretien On se rabat sur les moteurs à explosion lorsqu'il est impossible d'alimenter une station en électricité.

Les moteurs électriques, commandés le plus souvent par des coffrets à relais pour éviter les surcharges de ligne au démarrage, sont tous munis, moteurs à induction compris, d'un dispositif antiparasites. Ils ne demandent en pratique que des soins de propreté, un graissage léger de loin en loin et une petite surveillance.

La présence d'un ampèremètre au tableau permet en outre, de vérifier aussi fréquemment qu'on le désire, l'énergie réclamée par leur fonctionnement, c'est-à-dire leur état et celui de la pompe qu'ils entraînent. Périodiquement, on s'assure de l'état des charbons pour les types qui en possèdent. Il faut veiller à ce que les moteurs soient toujours bâchés au repos, pour empêcher le dépôt des poussières dans les cages ou sur les collecteurs.

Lorsqu'une station ne peut être desservie par l'électricité, on fait appel aux moteurs à explosion.

Les Diesel doivent être écartés le plus souvent. Ils exigent trop d'efforts pour les fréquentes mises en route que demande le rythme normal du travail d'une station. En outre, on a souvent des difficultés à trouver sur place de bons réparateurs ou metteurs au point. On choisit plutôt des moteurs à essence, du genre dit communément « moteurs agricoles », robustes de démarrage facile, et dont la réparation peut être confiée à un bon mécanicien non spécialisé. Ils ne consomment qu'une faible quantité d'huile et d'eau distillée (pour leur refroidissement) et, moyennant quelques précautions élémentaires, fournissent un long usage.

Appareils générateurs de fumigants et accessoires

CHAUFFE-EAU

Chaque station comporte un ou deux chauffe-eau destinés à desservir les dispositifs de vaporisation d'oxyde d'éthylène, de bromure de méthyle, d'anhydride carbonique, le générateur d'acide cyanhydrique et, éventuellement, le gazomètre d'oxyde d'éthylène.

Ces chauffe-eau, dont la capacité varie de 50 à 200 litres, sont chauffés, soit de préférence par des résistances électriques, soit par brûleurs à gaz de ville ou à propane.

Un chauffe-eau à résistances électriques (fig. 35, A) demande comme entretien la surveillance de son étanchéité et du bon état des résistances. Il convient de modifier deux fois par an son réglage de température, commandé par un régulateur bimétallique ou un basculeur-contacteur à mercure. On règle à 60/65° pour la période froide, à 45/50° pour la chaude.

Tous les ans ou plus rarement, selon la pureté des eaux, le chauffe-eau est démonté et détartré.

Tous les mois, à date fixe, on passe le volant du groupe sur la position « vidange » ; on l'y laisse deux secondes et on recommence une deuxième fois. Cette manœuvre, qui pro-

voque l'écoulement d'une petite quantité d'eau dans la canalisation de vidange, a pour but de s'assurer que la soupape n'est pas collée à son siège. Elle est indispensable et très importante.

Au cas où l'appareil débiterait de la vapeur au lieu de l'eau chaude, il faut couper immédiatement le courant et faire appel à un spécialiste. Il convient également d'appeler celui-ci si le tuyau d'arrivée d'eau froide est nettement chaud à 75 centimètres environ de l'appareil.

Les chauffe-eau à gaz de ville ou à propane sont plus délicats à entretenir et à surveiller en raison de la présence de gicleurs et de brûleurs qui parviennent, les uns à se boucher, les autres à s'encrasser ou à brûler leur toile métallique. Ces appareils, non automatiques, exigent plus de surveillance que les précédents, en particulier en ce qui concerne l'obtention d'une température déterminée à ne pas dépasser, pour des raisons aussi bien techniques qu'économiques.

Elémentairement, ils sont constitués par une simple chaudière de fer, munie extérieurement d'une nervure spiralée guidant les gaz chauds vers la cheminée entre la chaudière même et le revêtement extérieur en briques réfractaires. Ils sont munis d'un thermomètre à cadran à lecture à distance. La plupart des chauffe-eau à propane des stations françaises sont actuellement installés dans le sud algérien.

VAPORISEURS D'ANHYDRIDE CARBONIQUE

Il en existe trois types : rampe de bouteilles ; vaporiseur à grand débit à mano-détendeur réglable (type Air Liquide) ; vaporiseur à grand débit à vannes spéciales (type Mallet).

La rampe de 6, 8 bouteilles ou davantage (fig. 28) tend à disparaître en raison de l'insuffisance de son débit. Elle rend faciles les fausses manœuvres qui se traduisent par la mise hors d'usage de plusieurs mano-détendeurs à la fois. En outre ceux-ci, détendant l'anhydride gazeux, givrent rapidement, obligeant l'opérateur à ralentir ou même à stopper complètement l'introduction des gaz toxiques. Cet inconvénient peut, dans une certaine mesure, être corrigé ou tout au moins réduit par l'adjonction aux détendeurs de réchauffeurs électriques à commande thermostatique.

Le vaporiseur à grand débit type **Air Liquide** (fig. 29) est muni d'un mano-détendeur réglable à membrane de caoutchouc, levier pivotant de commande d'arrivée et levier extérieur de réglage (fig. 30). L'anhydride liquide arrive dans l'eau chaude à laquelle il emprunte les calories nécessaires à sa vaporisation. Cet appareil suffit pour des débits n'excédant par 1 kg. par minute. Il comporte quelques inconvénients : déformation assez rapide (une année environ) de la membrane de caoutchouc, embourbage des filtres, formation fréquente de glace d'eau au clapet d'arrivée ou sur les filtres par suite de retours en arrière de l'eau du vaporiseur pendant le repos.

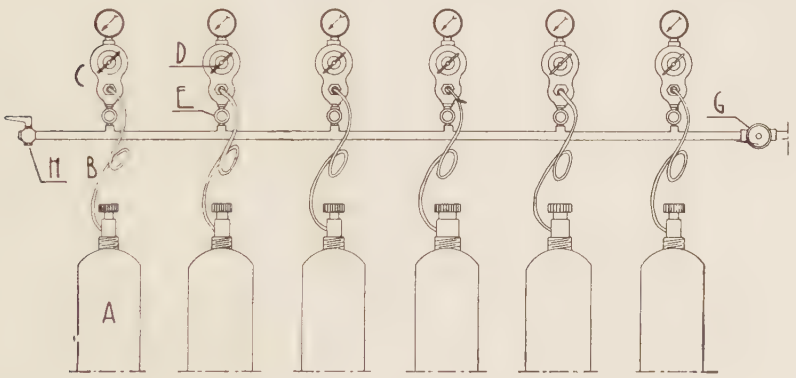


Fig. 28. — Rampe de détente d'anhydride carbonique.
A : Bouteille débitant le CO^2 gazeux à haute pression. — B : Flexible en tube de cuivre. — C : Manodétendeur. — D : Vis de réglage de la pression de détente. — E : Robinet d'arrêt individuel. — F : Collecteur. — G : Vanne de commande générale. — H : Purgeur.

Le vaporiseur à grand débit à vannes spéciales type **Mallet** (fig. 31 et 32) est conçu suivant le même principe de l'arrivée de l'acide carbonique liquide dans l'eau chaude, le chauffage de cette eau étant réalisé, soit par un chauffe-eau annexe, soit par des résistances électriques immergées dans l'eau du vaporiseur, soit au moyen des deux systèmes à la fois. Le vaporiseur n'est pas muni d'un détendeur réglable, comme dans le type précédent : l'arrivée n'est commandée que par deux vannes spéciales extra-sensibles à pointeau libre. Il exige

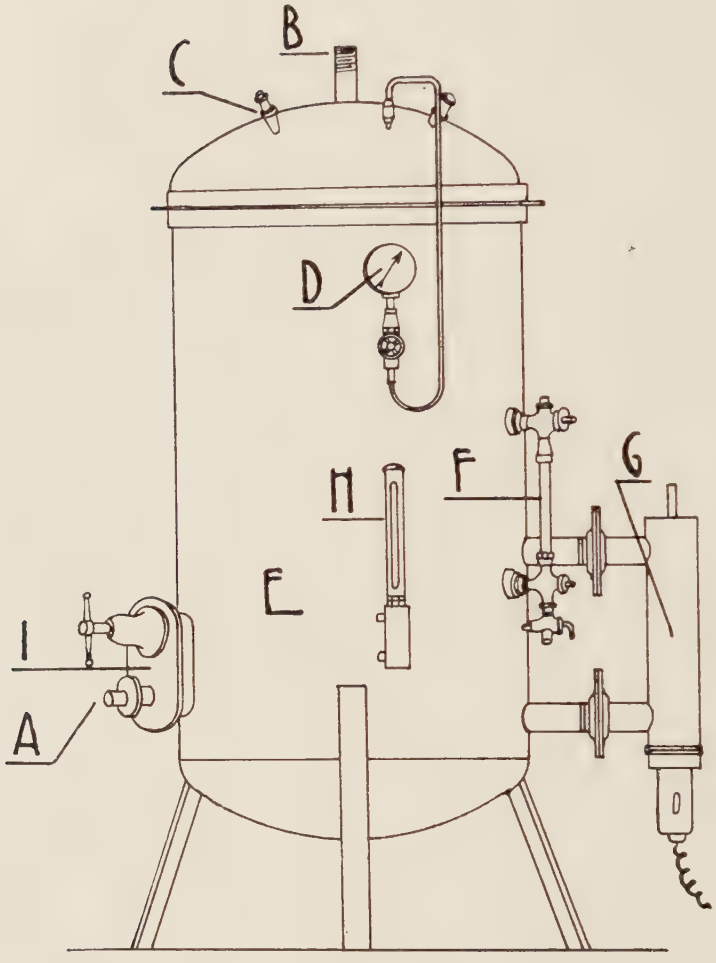


Fig. 29. — Vaporiseur de CO^2 type « Air Liquide ».

A : Arrivée du gaz carbonique liquide. — B : Départ du gaz vers le gazomètre. — C : Soupape. — D : Manomètre. — E : Corps de tôle garni d'eau chaude. — F : Niveau d'eau. — G : Résistance électrique en thermosiphon. — H : Thermomètre. — I : Manodétendeur.

donc, théoriquement, davantage de surveillance que le précédent. En réalité, celle-ci étant nécessaire dans les deux cas, ce dernier type est plus avantageux en raison de sa grande puissance : son débit peut dépasser 8 kgs par minute.

Ce vaporiseur, timbré comme le précédent à 3 Hpz, est muni, pour cette raison, de deux soupapes réglées à 2 kgs et d'un manomètre métallique.

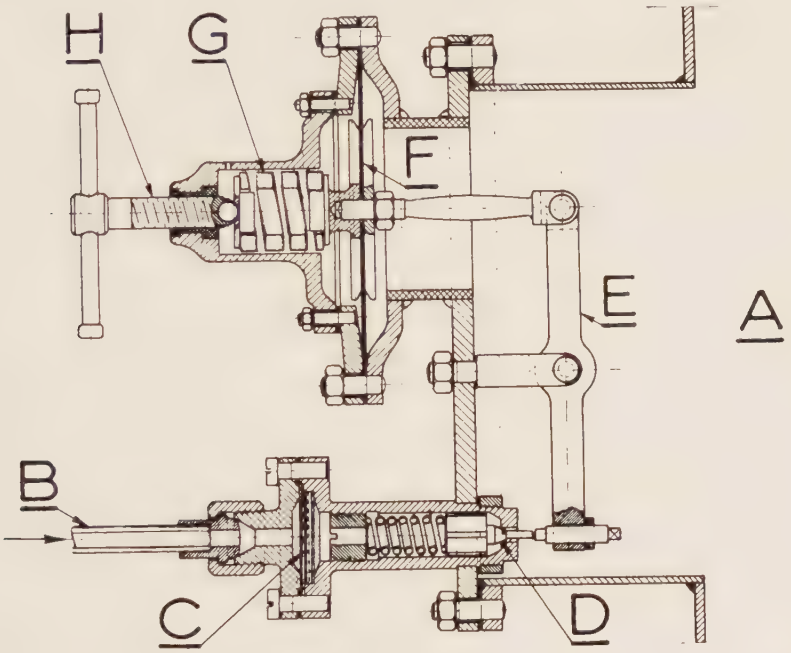


Fig. 30. — Manodétendeur du vaporiseur « Air Liquide ».
A : Intérieur du corps du vaporiseur empli d'eau chaude. — B : Alimentation de CO^2 liquide. — C : Filtres pour CO^2 liquide. — D : Clapet d'arrivée. — E : Levier pivotant pour ouverture du clapet. — F : Membrane de caoutchouc supportant la pression intérieure. — G : Ressort d'appui de la membrane. — H : Vis de réglage de la pression de détente.

Surveillance et entretien.

Il est indispensable de purger les bouteilles de l'eau qu'elles peuvent contenir avant de les placer sur le chantier de vidange; on réduit ainsi au minimum les risques de formation de bouchons de glace d'eau dans les tuyauteries allant des bouteilles au vaporiseur. Les stations possèdent dans ce but des chan-

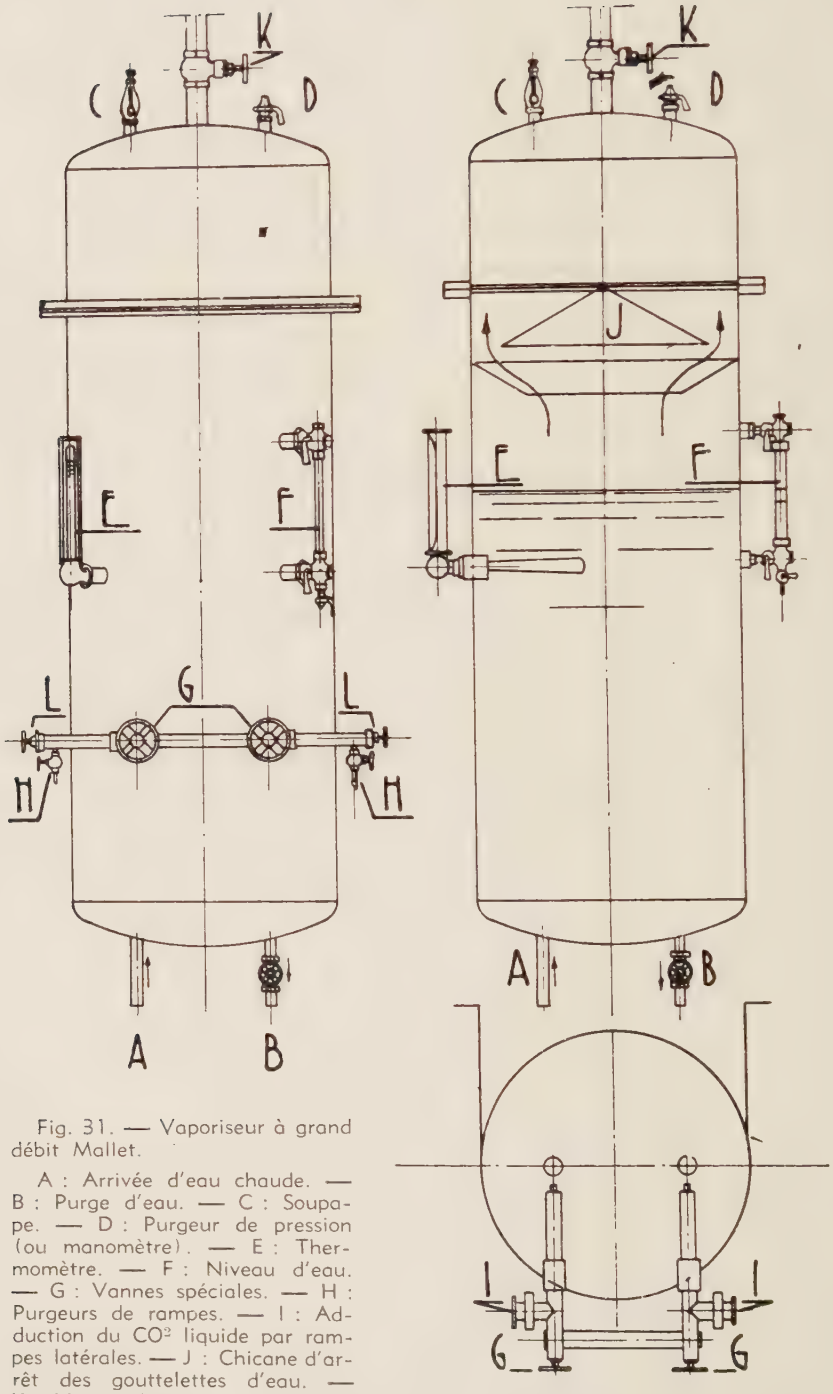


Fig. 31. — Vaporiseur à grand débit Mallet.

A : Arrivée d'eau chaude. — B : Purge d'eau. — C : Soupape. — D : Purgeur de pression (ou manomètre). — E : Thermomètre. — F : Niveau d'eau. — G : Vannes spéciales. — H : Purgeurs de rampes. — I : Adduction du CO^2 liquide par rampes latérales. — J : Chicane d'arrêt des gouttelettes d'eau. — K : Vanne de départ du CO^2 gazeux. — L : Vannes de commande des rampes (admission du CO^2 liquide).

tiers de purge préalable où les bouteilles sont installées renversées : l'ouverture du robinet pendant quelques secondes ou fractions de seconde permet d'évacuer parfaitement l'eau qui, plus lourde et non miscible à l'anhydride carbonique, s'est accumulée dans l'ogive.

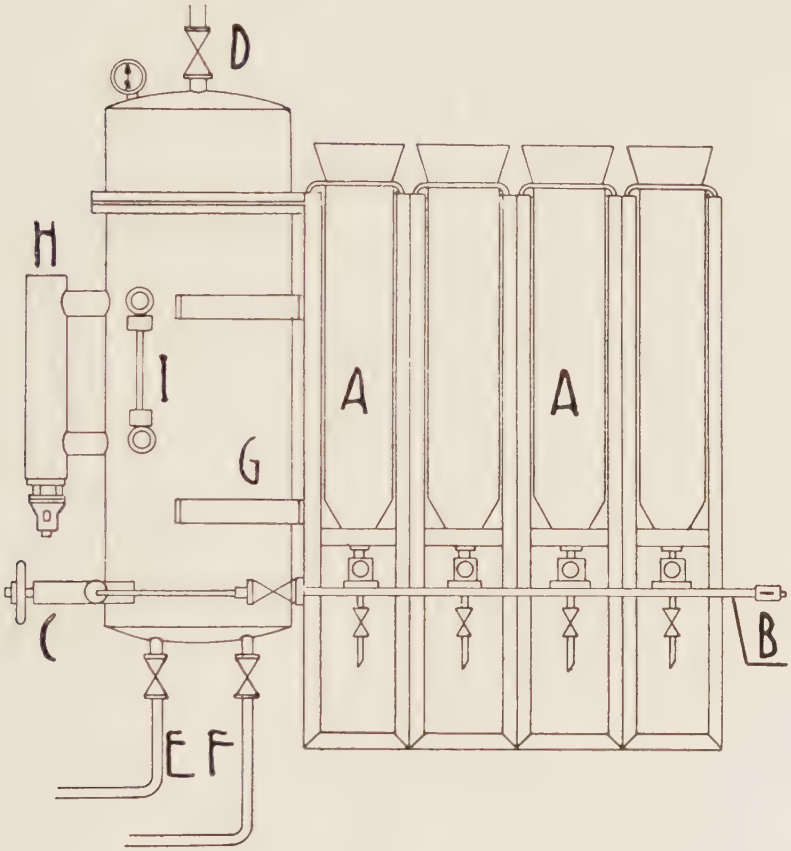


Fig. 32. — Vaporiseur à grand débit Mallet.
A : Bouteilles de CO^2 sur chantier de vidange. — B : Collecteur du CO^2 liquide. — C : Vanne spéciale. — D : Départ du CO^2 gazeux. — E : Alimentation en eau chaude. — F : Purge d'eau. — G : Corps du vaporiseur. — H : Résistance chauffante montée en thermosiphon. — I : Niveau d'eau.

La manœuvre des diverses vannes placées sur le trajet des bouteilles au vaporiseur doit être effectuée de façon à éviter l'irruption, dans la ou les rampes collectrices, de l'eau du vaporiseur. Au cas où cet incident survient, une purge des

rampes est indispensable. Les filtres doivent être assez fréquemment nettoyés. Il convient de faire fonctionner de temps en temps les deux soupapes du vaporiseur pour éviter leur collage sur les sièges. Les vaporiseurs sont en effet timbrés à basse pression ; si, accidentellement, la haute pression existant dans les bouteilles venait à s'établir dans le vaporiseur et si les soupapes ne fonctionnaient pas, l'éclatement de l'appareil serait inévitable et non sans danger.

GAZOMETRE A ANHYDRIDE CARBONIQUE

Cet appareil est en fait, non pas un gazomètre magasin comme les autres appareils du même genre dont il est question plus loin, mais un véritable **régulateur** ou **détendeur** ayant pour mission de ramener, avec une très grande précision, la pression du gaz carbonique à une valeur très voisine de celle de la pression atmosphérique. Il comporte à cet effet un robinet (généralement du type « robinet-soupape ») actionné par les déplacements verticaux de la cloche d'un gazomètre du type « équilibré et compensé » (fig. 33) ; ceci signifie que, par le jeu de dispositifs appropriés, la pression — constante — que le poids du métal de la cloche exerce sur le gaz qu'elle contient (équilibrage), et la poussée d'Archimède — variable — s'exerçant en sens inverse sur le métal de la paroi immergée de la cloche (compensation) sont l'une et l'autre annulées pour toute position de ladite cloche.

L'équilibrage s'obtient en principe par le moyen de contrepoids. La compensation, plus délicate, peut être réalisée en suspendant la cloche à une chaîne de calibre approprié, dont un des brins, de longueur variable, ajoute son poids propre à celui de la cloche, tandis que le poids de l'autre brin, dont la variation de longueur est égale et de sens contraire à celle du premier, s'en retranche. Un autre système, plus moderne et plus élégant (fig. 34), peut-être plus scientifique dans son principe, met en jeu le transvasement automatique, par siphonage, d'un volume du liquide de garde égal au volume déplacé par la virole immergée de la cloche, dans une capacité disposée de telle façon que le poids (variable) du liquide qu'elle contient vienne en addition du poids de la cloche. Ce dispositif, qui élimine les lourdes chaînes de suspension du pre-

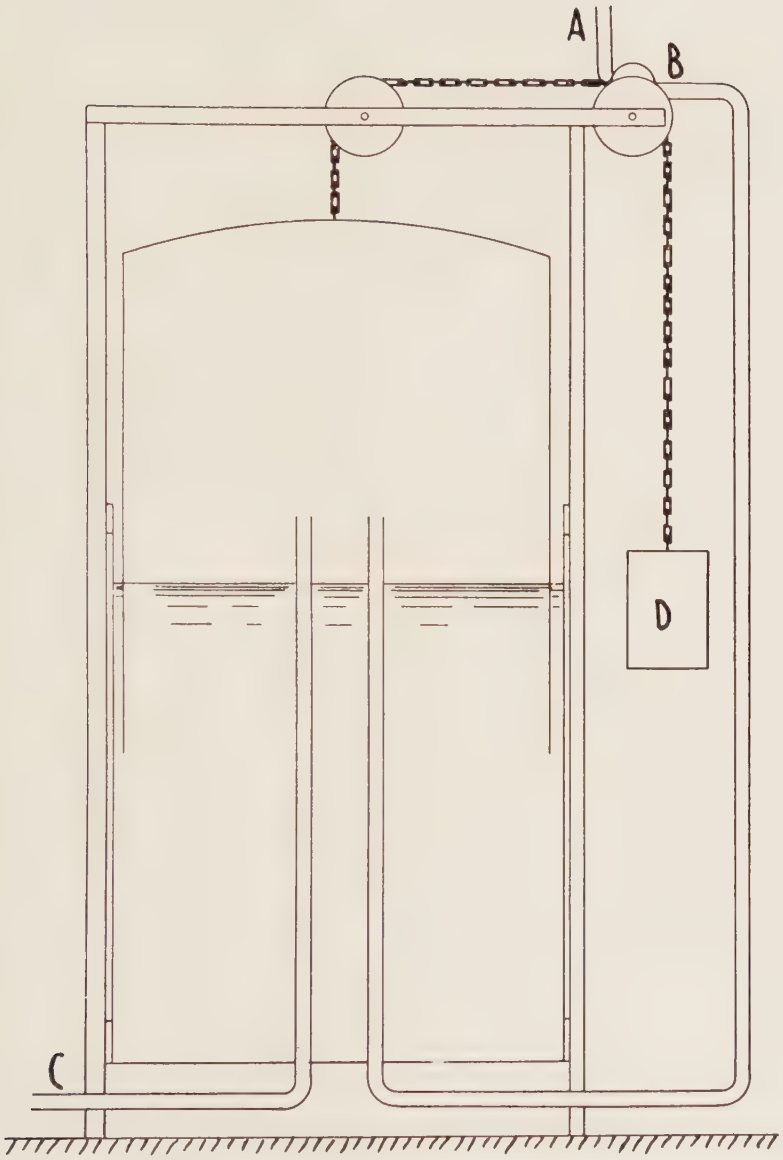


Fig. 33. — Gazomètre détendeur à anhydride carbonique.

A : Admission du CO^2. — B : Soupape d'admission commandée par engrenages. — C : Départ. — D : Contrepoids de la cloche.

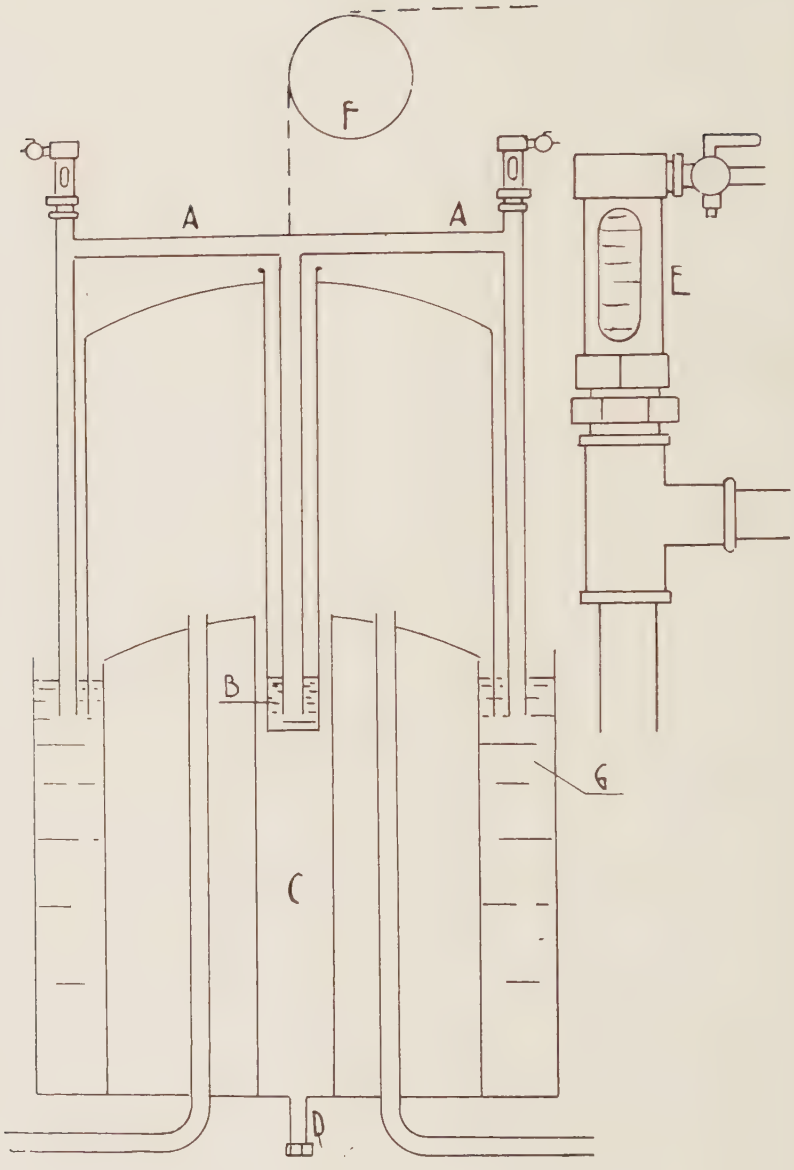


Fig. 34. — Gazomètre à cloche équilibrée par siphonage.

A : Siphons. — B : Capacité d'équilibrage. — C : Logement de la capacité d'équilibrage. — D : Purgeur des condensations de fumigant. — E : Détail des voyants et robinets d'amorçage des siphons. — F : Poulie-support du câble de soutien et d'équilibrage de la cloche, commandant la soupape d'admission. — G : Liquide de garde. — Le siphon et la cloche sont solidaires.

mier système, diminue les frottements et facilite l'entretien. Il joue également, dans une certaine mesure, le rôle d'amortisseur d'éventuelles oscillations de la cloche dans le sens vertical.

La levée de la cloche entraîne la fermeture progressive de la soupape d'admission, fermeture qui est totale un peu avant que la cloche ait atteint l'extrémité supérieure de sa course possible. En position basse, un dispositif de sécurité entre en action ; il est constitué par une sonnerie, doublée au besoin par un signal optique, qui fonctionne dès que la cloche approche de la limite inférieure de sa course. L'opérateur, averti à temps, stoppe l'admission des gaz dans l'autoclave. Si l'aspiration continuait en effet, une dépression naîtrait dans la cloche, provoquant la montée du niveau de l'eau, puis son irruption dans les tuyauteries et le mélangeur.

La cuve de garde du gazomètre est emplie d'eau. On additionne celle-ci, dans les pays où la gelée est à redouter, de carbonate de soude ou d'une substance antigel convenablement choisie. Ces substances antigel peuvent également avoir une action de protection contre la corrosion.

Surveillance et entretien.

L'automaticité de cet appareil réduit au minimum la surveillance pendant les opérations. La cloche doit être maintenue, de préférence, par réglage de l'alimentation, aux 3/4 de sa course en hauteur. Si elle monte trop et si l'arrêt du débit d'alimentation crée trop de surpression dans le vaporiseur, occasionnant d'importantes pertes de gaz par les soupapes, on diminue un peu l'admission au vaporiseur (cet inconvénient ne se présente pas si l'alimentation est fournie par des manodétendeurs sur rampe correctement réglés). Si la cloche descend trop, l'alimentation étant insuffisante pour compenser l'aspiration, il faut stopper l'admission au mélangeur, c'est-à-dire l'alimentation générale de l'autoclave, jusqu'à ce que la cloche soit remontée.

L'entretien de l'appareil ne consiste qu'à surveiller le graissage de la chaîne ou du câble et celui de la vanne de commande par engrenage, ainsi qu'à lutter contre la rouille.

Dans les appareils récents, équilibrés par siphonage, un coup d'œil jeté de temps en temps sur les viseurs ad hoc permet de vérifier la constance de l'amorçage du siphon.

VAPORISEUR D'OXYDE D'ETHYLENE OU DE BROMURE DE METHYLE

Cet appareil (fig. 35) comporte essentiellement :

— la bouteille de fumigant en vidange, en position telle qu'elle éjecte le fumigant liquide [14] ;
— le vaporiseur proprement dit (fig. 36) ;
— le bac de récupération des condensations, encore dit condenseur, ou vase d'expansion (fig. 35 et 37).

Il a pour but de vaporiser le fumigant en le débarrassant des impuretés non volatiles que contient le liquide de la bouteille. Cette dernière est réunie au vaporiseur par un flexible métallique en cuivre. Le vaporiseur reçoit directement le fumigant liquide dans un double fond parcouru par un serpentin alimenté par le chauffe-eau. Le vaporiseur, en raison de la faible tension de vapeur des fumigants actuellement utilisés, ainsi que de l'inflammabilité de l'oxyde ou des dangers que présentent les vapeurs de bromure de méthyle pour les opérateurs, ne comporte pas de soupape, mais est muni d'un manomètre. Le niveau du fumigant liquide est indiqué par un curseur magnétique ou par téléjauge, comme il est indiqué sur la figure 36. Du vaporiseur, le fumigant gazéifié passe dans le bac de condensation et de récupération où il se détend et se recondense en partie ; les condensations sont ainsi arrêtées au lieu de stagner dans les tuyauteries où leur présence provoquerait des inconvénients.

L'ensemble du dispositif en usage dans les stations algériennes peut vaporiser effectivement plus de 200 grammes d'oxyde d'éthylène en une minute, soit produire plus de 1 m³ de vapeurs d'oxyde en 10 minutes. La puissance d'évaporation du même appareil pour le bromure de méthyle est bien entendu plus grande encore, puisque la chaleur de vaporisation du bromure (62 cal.) est très inférieure à celle de l'oxyde d'éthylène (139 cal.).

(14) La bouteille reste droite lorsqu'elle est munie d'un tube plongeur. Dans le cas contraire, il faut la renverser, mais sans la placer exactement en position verticale, comme on l'a représentée par erreur sur la figure 35 : il est préférable de voir les impuretés s'accumuler sur le côté de l'ogive que venir obstruer le robinet de vidange.

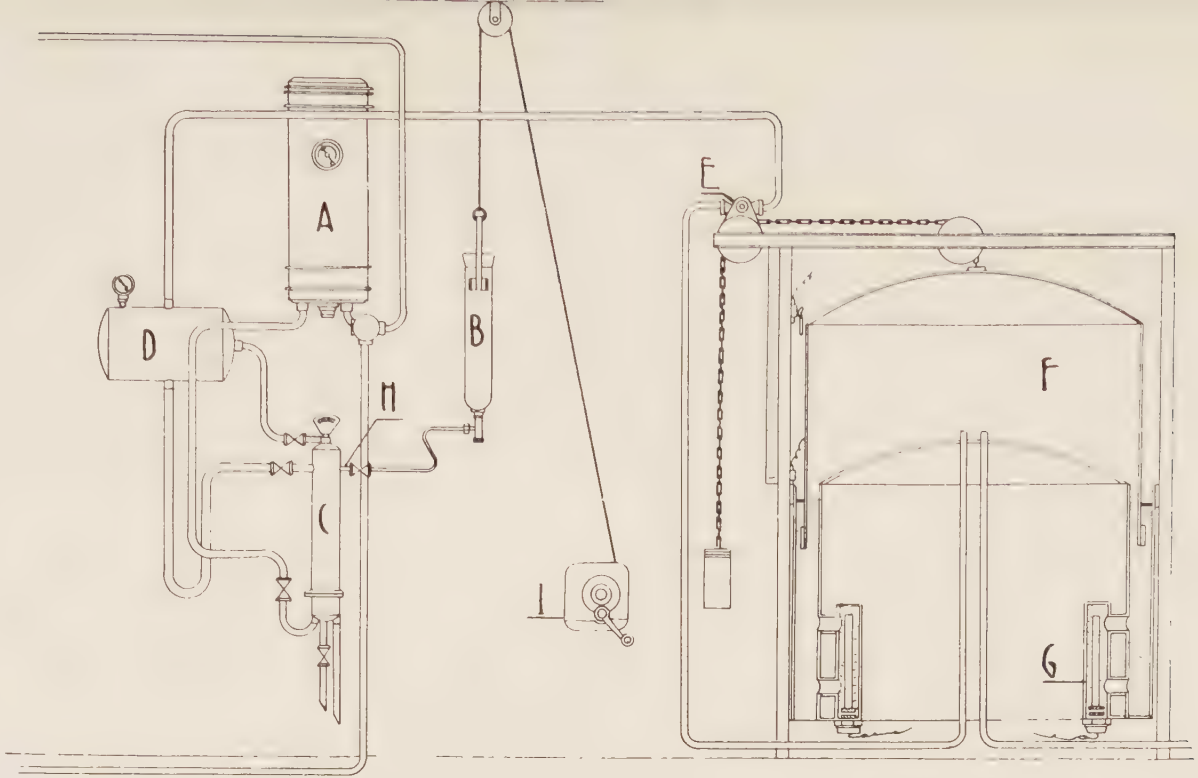


Fig. 35. — Vaporisation et entreposage de l'oxyde d'éthylène et du bromure de méthyle.

A : Chauffe-eau. — B : Bouteille de fumigant liquide. — C : Vaporiseur de fumigant. — D : Condenseur. — E : Soupape d'admission commandée par engrenages. — F : Gazomètre à cuve annulaire. — G : Résistance chauffante fonctionnant en thermosiphon. — H : Tuyauterie de rinçage à l'eau chaude. — I : Treuil de manutention de la bouteille de fumigant.

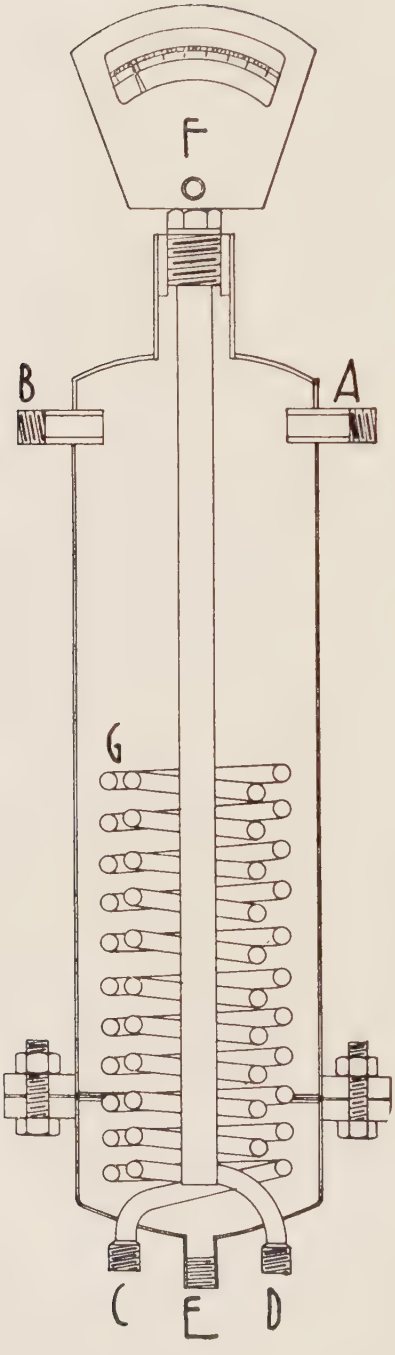


Fig. 36. — Vaporiseur d'oxyde d'éthylène ou de bromure de méthyle.

A : Arrivée du fumigant liquide. — B : Départ du fumigant vaporisé. — C et D : Arrivée et départ de l'eau chaude. — E : Purgeur du vaporiseur. — F : Téléjauge. — G : Serpentin réchauffeur.

Toutes les stations, cependant, ne sont pas munies de ce vaporiseur à grande puissance ; le faible débit de certaines peut être assuré par un dispositif plus simple et moins coûteux. On utilise alors des chauffe-bouteilles constitués par une simple cuve cylindrique de diamètre tel que la bouteille y entre aisément et s'y trouve plongée jusqu'à l'ogive. L'eau chaude emplissant ces appareils est elle-même obtenue, soit au moyen d'une résistance électrique disposée dans un thermo-siphon, soit à partir d'un chauffe-eau général électrique, à gaz de ville ou à propane.

Avec cet appareillage ultra-simple, on ne peut évidemment intercaler sur la tuyauterie le condenseur à retour siphoïde dont il a été parlé plus haut : tout retour à la bouteille est impossible. On adjoint alors à un corps de condenseur un second ballon, amovible, en fer, muni d'un viseur de verre et de deux tubulures pour l'application du principe « de l'échange d'atmosphères » (fig. 37). Lorsque les condensations ont empli le ballon inférieur jusqu'au niveau du voyant, on l'isole pour éviter toute possibilité de dégagement de vapeurs toxiques dans l'atmosphère, on le démonte en mettant un autre ballon vide à sa place, et le ballon plein est mis dans le chauffe-eau, mais à 15-20° seulement, où son contenu redistille lentement. On peut le débrancher quand la cloche du gazomètre ne monte plus. Le résidu, alors pratiquement épuisé, est jeté, ou, en cas de convention spéciale, retourné au fournisseur pour déduction sur les quantités livrées.

Surveillance et entretien.

Le maniement d'un vaporiseur à grande puissance est des plus simples et ne soulève aucune difficulté sérieuse. Toutefois, après la vidange d'un certain nombre de bouteilles de fumigant, il contient souvent une quantité importante de résidus. Si on a vaporisé de l'oxyde d'éthylène, ces résidus sont formés par du glycol et des produits de polymérisation ; ils sont visqueux, semi-pâteux parfois, et solubles dans l'eau, surtout chaude. Cette dernière propriété est utilisée pour le nettoyage du vaporiseur. Une tuyauterie spéciale indiquée sur la figure 35 permet de rincer le vaporiseur avec l'eau chaude provenant du chauffe-eau. Le rinçage est évidemment d'au-

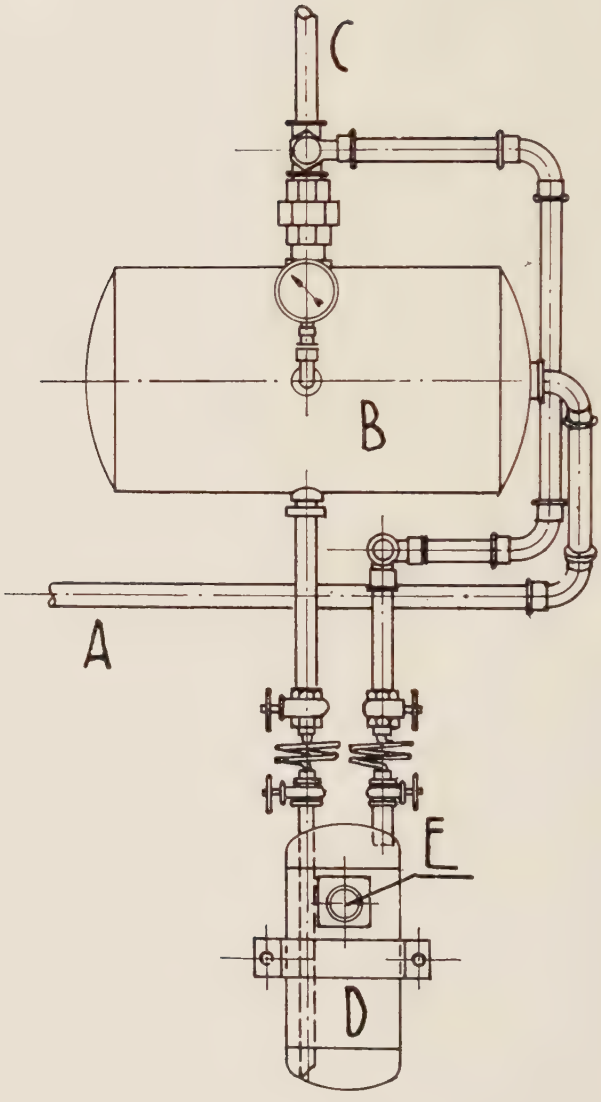


Fig. 37. — Condenseur récupérateur.

A : Arrivée des vapeurs de fumigant (du vaporiseur). — B : Corps du condenseur. — C : Départ au gazomètre des vapeurs de fumigant. — D : Ballon récupérateur. — E : Viseur de verre.

tant plus fréquent que l'oxyde livré est plus impur et de fabrication plus ancienne.

Si le fumigant vaporisé est du bromure de méthyle, les impuretés restant au fond de la cuve sont malheureusement beaucoup moins solubles ; en fait, il faut démonter et nettoyer celle-ci. La toxicité du bromure oblige à prendre certaines précautions élémentaires : avant démontage, écoulement prolongé d'eau chaude dans le vaporiseur pour débarrasser au mieux le résidu du bromure qu'il contient encore à l'état dissous — démontage de la cuve dans un fort courant d'air par un ouvrier muni d'un masque à gaz convenable — nettoyage de la cuve à l'air libre — vérification soigneuse du joint avant remontage de la cuve (l'appareil reçoit une petite quantité de bromure, puis on fait couler l'eau chaude dans le serpentin : les fuites sont recherchées à l'aide de la lampe à halogénures et de l'eau savonneuse). Dans les installations les plus récentes, appelées à travailler régulièrement au bromure de méthyle, des dispositions spéciales sont prévues pour éliminer les inconvénients et diminuer les risques inhérents à ces manœuvres.

COLONNE DE NEUTRALISATION

Les stations peuvent travailler aussi bien à l'oxyde d'éthylène qu'au bromure de méthyle ; l'appareillage, dans son ensemble, est rigoureusement identique en raison de l'analogie présentée, en pratique, par les caractères physiques des deux corps. Seuls, les diamètres des diaphragmes sont très différents, les dosages, et surtout les volumes de gaz à mettre en œuvre n'étant pas les mêmes, et l'anhydride carbonique n'étant pas utile avec le bromure.

Un seul appareil supplémentaire est, sinon indispensable, tout au moins très utile, lorsqu'on passe de la désinsectisation à l'oxyde d'éthylène à celle au bromure de méthyle. Il est nécessité par la présence éventuelle d'acide bromhydrique à l'état de traces plus ou moins importantes dans le bromure commercial, traces qu'il convient de neutraliser au plus tôt pour éviter l'attaque des appareils et leur fixation sur les denrées. On a mis à profit dans ce but la propriété que possède

l'acide bromhydrique de se combiner en bromure de calcium ou de sodium (15) lorsqu'il se trouve en présence de chaux vive ou, mieux, de carbonate de soude (« cristaux » du commerce). Cette combinaison s'effectue à la sortie du condenseur dans une « colonne de neutralisation » (fig. 38) emplie de carbonate de soude en cristaux.

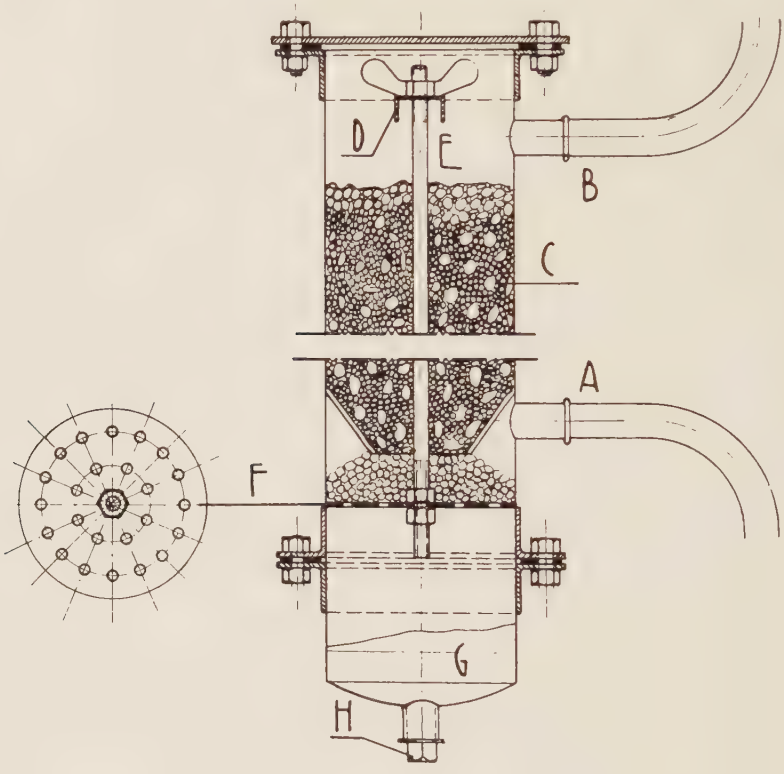


Fig. 38. — Colonne de neutralisation.
A, B : Arrivée et départ du bromure gazeux. — C : Carbonate de soude (ou chaux vive). — D : Cornière de soutien soudée. — E : Tige de maintien de la grille F. — F : Grille mobile de maintien du carbonate. — G : Capacité recevant la solution résiduelle. — H : Bouchon purgeur.

(15) $2\ HBr + CO^3Na^2 = 2\ NaBr + CO^2 + H^2O$.
Une même charge de carbonate dans une colonne de neutralisation peut servir jusqu'à dissolution complète car sa surface est constamment lavée par l'eau libérée lors de la réaction. Si, en effet, une molécule de CO^3Na^2 contient organiquement 10 molécules d'eau de cristallisation, les 2 molécules de NaBr produites n'en contiennent que 4. On libère ainsi 6 molécules d'eau, auxquelles on doit ajouter celle produite par la réaction même. 7 molécules d'eau sont donc disponibles pour assurer l'évacuation par lixi-

Le bromure impur est réparti à l'état gazeux par un carneau circulaire qui l'oblige à traverser de bas en haut la masse de carbonate. Le gaz sort, débarrassé d'acide bromhydrique, par la tuyauterie supérieure. L'eau d'hydratation du carbonate libérée par la réaction se rassemble au bas de l'appareil, tenant en solution à la fois du carbonate et du bromure de sodium.

Ce dispositif ne provoque qu'une perte de charge minime. Son démontage et le remplacement du carbonate sont des plus faciles, grâce à la manœuvre d'un écrou à oreilles placé à la partie supérieure et qui, dévissé, laisse tomber la grille de soutien et de filtration avec sa charge de carbonate. Cette opération n'a guère besoin de se faire qu'une fois par an et peut intervenir plus rarement encore quand les fabricants de bromure s'en tiennent rigoureusement aux normes de qualité du produit destiné à la désinsectisation. Le carbonate en cristaux qui reste au-dessus de la grille est encore utilisable ; on le récupère et on le remet en place en lui ajoutant du carbonate nouveau pour compléter la charge. Il est bon de tasser légèrement, mais sans exagération, ce qui fausserait la tige de maintien du plateau perforé.

Le liquide accumulé dans la partie basse de la colonne de neutralisation, s'il y en a, est jeté. Il n'est pas toxique.

GAZOMETRE D'OXYDE D'ETHYLENE OU DE BROMURE DE METHYLE

On a dû choisir la glycérine comme liquide de garde pour les raisons suivantes :

1° Si le fumigant entreposé est l'oxyde d'éthylène, la glycérine est, de tous les solvants organiques, celui qui en dissout les moindres quantités.

2° S'il s'agit de bromure de méthyle, la facilité avec laquelle il s'hydrolyse en présence de l'eau constitue, à moins de pré-

viation de 2 molécules de NaBr de la croûte formée sur les cristaux de CO^3Na^2. Elles dissolvent et entraînent inévitablement avec elles, en outre, une certaine quantité de CO^3Na^2.

L'emploi de la chaux vive ne présente pas le même avantage ; bien au contraire, le foisonnement provoqué par la réaction peut parvenir à obturer partiellement la colonne de neutralisation.

cautions spéciales, une contre-indication à l'utilisation d'eau comme liquide de garde.

Aussi bien pour réduire les quantités de fumigant dissoutes dans le liquide de garde que pour économiser la glycérine, il a été jugé nécessaire d'adopter pour le gazomètre le type à cuve annulaire (fig. 35). Le gazomètre est équilibré, comme celui à gaz carbonique. Mais, en raison de sa grande capacité (jusqu'à 4.000 litres utiles dans les modèles actuels), il est d'usage de le faire fonctionner sans compensation automatique des volumes de vapeur aspirés par l'autoclave, c'est-à-dire comme gazomètre magasin et non comme gazomètre régulateur. On rend ainsi possible et facile le contrôle des quantités consommées, c'est-à-dire du réglage des mélanges gazeux. Les modèles récents comportent les mêmes dispositifs de sécurité que ceux du gazomètre d'anhydride carbonique.

En surface, et du côté exposé à l'air, la glycérine est recouverte d'une couche d'huile de paraffine, insoluble dans la glycérine, non hygroscopique, et qui diminue, par conséquent, l'absorption de la vapeur d'eau atmosphérique. Une ou plusieurs résistances électriques, chauffant des thermo-siphons appropriés, permettent de libérer, de temps en temps, le fumigant dissous en trop grande quantité dans le liquide de garde.

Dans certaines stations qui ne disposent pas de l'électricité pour le fonctionnement de résistances chauffantes (certaines stations du Sud algérien), le chauffage de la glycérine est réalisé de façon différente. Le dôme de la cuve annulaire du gazomètre comporte une chemise soudée, faisant saillie à l'intérieur de la cavité centrale et munie de deux départs, haut et bas (fig. 39). C'est cette chemise parcourue par l'eau chaude du chauffe-eau à propane ou à gaz qui échauffe peu à peu, par contact à travers la paroi métallique, le liquide de garde.

Surveillance et entretien.

La température a une influence importante sur le niveau de la cloche du gazomètre lorsque celui-ci est empli d'oxyde d'éthylène. Si elle s'élève, une partie de l'oxyde dissous dans la glycérine est libérée sous forme de vapeur et la cloche monte : si elle ne peut monter, se trouvant déjà au point le plus haut, une surpression naît dans la cloche et des déborde-

ments de l'huile d'abord, puis du liquide de garde en résultent. Si, au contraire, la température s'abaisse, une partie de l'oxyde se condense et se dissout dans la glycérine qui peut alors en absorber des quantités plus importantes encore : une dépression apparaît dans la cloche bloquée au point bas et se traduit par des remontées de glycérine au-dessus du dôme intérieur, puis par son irruption dans les tuyauteries.

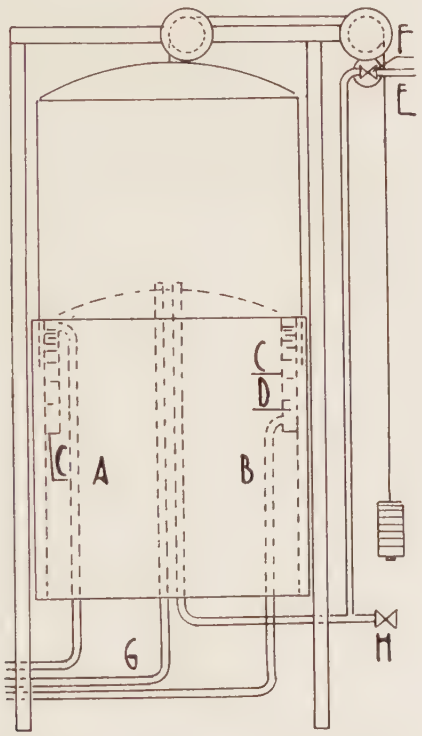


Fig. 39. — Gazomètre à garde chauffée par circulation d'eau chaude.

A : Arrivée d'eau chaude. — B : Départ de l'eau. — C : Chemise soudée intérieure. — D : Liquide de garde du gazomètre. — E : Alimentation en fumigant. — F : Soupape d'admission commandée par engrenages. — G : Départ du fumigant. — H : Purgeur de condensations.

Les mêmes inconvénients apparaissent avec le bromure de méthyle, mais seulement à une température plus basse encore, le point d'ébullition du bromure étant inférieur de 6° à celui de l'oxyde d'éthylène.

Il convient, pour prévenir ces inconvénients, de laisser toujours la cloche à mi-course lorsque le gazomètre doit rester plusieurs heures en repos. Au début d'une opération au contraire, surtout si celle-ci doit utiliser toute la réserve de gaz du gazomètre, il faut remplir complètement la cloche, de façon à pouvoir vérifier, par simple soustraction entre les lectures et sans être obligé de recharger entre temps, la consommation totale, donc la correction du réglage.

Le pouvoir dissolvant des fumigants altère assez rapidement (un an ou deux) la garniture de la vanne commandée par engrenage. Il importe donc de s'assurer assez fréquemment que celle-ci fonctionne de manière correcte et de procéder éventuellement au remplacement de ladite garniture.

La glycérine de garde, bien qu'elle soit mise à l'abri de l'air par une couche d'huile protectrice, parvient cependant à s'hydrater. Une surface importante enduite de glycérine se trouve en effet exposée à l'air chaque fois que l'on recharge le gazomètre, c'est-à-dire chaque fois que la cloche émerge du liquide de garde. Cette partie exposée à l'air libre absorbe dans l'atmosphère de la vapeur d'eau qui se dissout dans la glycérine et retombe ensuite avec elle dans la cuve annulaire.

En ce qui concerne l'oxyde d'éthylène, cette hydratation a le gros inconvénient de permettre son absorption ultérieure par l'eau dissoute dans le liquide de garde, et cette absorption augmente bien entendu avec l'hydratation de la glycérine. En fait, lorsque la glycérine, qui pèse normalement 30° Baumé, n'en pèse plus que 26, des quantités importantes d'oxyde s'y dissolvent, la cloche descend constamment et le chauffage de la glycérine doit être pratiqué si fréquemment qu'il en devient gênant et coûteux. Il convient alors de regarnir le gazomètre de glycérine fraîche ; la glycérine hydratée peut être redistillée par une usine spécialisée et servir à nouveau.

Lorsque les vapeurs stockées sont celles du bromure de méthyle, l'hydratation de la glycérine provoque l'hydrolyse du bromure qui y est dissous, donc la formation d'acide bromhydrique. Des analyses effectuées dans les stations nord-africaines, sur des glycérines dont la densité était tombée entre 29 et 27° Baumé, ont montré que la teneur en acide bromhydrique de celles-ci pouvait atteindre au bout de deux ans de fonc-

tionnement et selon leur degré d'hydratation 0,5 et 1 % ; l'une dépassait même 2 %.

Il convient en ce cas de neutraliser la glycérine.

Le borax parait être le meilleur neutralisant. Ce sel présente en effet les avantages suivants :

1° Faible alcalinité, qui permet d'envisager d'en introduire un excès sans qu'il en résulte une hydrolyse du bromure de méthyle ;

2° Très bonne solubilité dans la glycérine (ainsi que l'acide borique qui serait déplacé par la réaction) ;

3° Non agressivité vis-à-vis des parois du gazomètre (tôle de fer).

On dissout le borax nécessaire avec un léger excès dans une petite quantité de glycérine soutirée du gazomètre et on restitue ensuite le tout au gazomètre. Il faut compter en poids cinq parties de borax pour une d'acide bromhydrique à neutraliser, soit, pour 500 kgs de glycérine à 2 % d'acide bromhydrique, 50 kgs de borax.

La neutralisation pourrait aussi être envisagée par la potasse, mais ce corps présente d'assez sérieux inconvénients pratiques ; il est beaucoup moins intéressant que le borax.

MELANGEUR-DOSEUR DE GAZ

Le mélangeur est constitué par une simple capacité cylindrique résistant au vide et dans laquelle les tubulures amenant les divers constituants du mélange gazeux sont disposées de façon à provoquer une violente turbulence de l'atmosphère. Il reçoit, par un ou plusieurs jeux de diaphragmes, les mélanges de fumigant et d'air (et, éventuellement, d'anhydride carbonique) et, par effets tourbillonnaires, les homogénéise. Il a pour but secondaire, en cas d'inattention de l'opérateur, de retenir les quantités d'eau ou de glycérine provenant de gazomètres accidentellement vidés de leur gaz. Il comporte à cet effet, à son point bas, un orifice de purge.

Grâce aux diaphragmes dont il est muni, il constitue le doseur de l'installation. Ces diaphragmes, en nickel, en argent ou à défaut en maillechort, à orifice minutieusement calibré

et fraisé selon une technique assez spéciale, trop longue pour être exposée ici, sont pratiquement indéréglables et inusables. Ils sont commandés, par séries de deux (ou de trois quand on emploie l'anhydride carbonique), par un ou plusieurs leviers dits « de double commande » (ou « de triple commande »), permettant l'admission simultanée des deux gaz (ou trois gaz).

Selon le cubage des désinsectisations à opérer, une, deux ou trois séries peuvent être utilisées. Une seule série à trois diaphragmes est représentée sur la figure 12.

Surveillance et entretien.

L'opérateur n'a à surveiller, dans cet appareil, que le libre jeu des robinets à boisseau et la vacuité intérieure de la capacité. Dans ce but, il ouvre de temps en temps le robinet purgeur. Quant aux obturations éventuelles des diaphragmes, elles sont décelées, comme il a déjà été signalé, par des anomalies dans la consommation de fumigant.

GENERATEUR D'ACIDE CYANHYDRIQUE

Cet appareil comporte, d'une part, un dispositif de dosage et, d'autre part, le générateur proprement dit.

Le dispositif de dosage sert à doser la solution cyanurée, l'acide sulfurique et l'eau. Il peut être constitué essentiellement par deux vases de Tarnier gradués et une burette de Mohr (fig. 40). Pour les forts dosages (graines de cotonnier par exemple), on utilise les vases de Tarnier qui ont chacun une capacité d'un litre. Avant que soit ouverte la vanne d'aspiration, l'un reçoit la solution cyanurée, puis, après écoulement dans le générateur, est rincé avec la dose d'eau convenable. Le second sert à doser l'acide sulfurique. La vanne d'aspiration est ouverte, puis on ouvre légèrement le robinet de vidange de l'acide sulfurique. Celui-ci est à mesure aspiré dans le générateur par la tuyauterie basse. La burette de Mohr remplit le même office avec plus de précision (capacité : 50 cc.) lorsqu'il s'agit de désinsectisation à doses faibles (plantes vivantes) ; elle sert seule, successivement, au dosage des trois liquides. L'écoulement de l'acide dans le générateur est réglé, de même qu'une prise d'air additionnelle, de telle

sorte qu'il soit terminé une ou deux minutes avant l'établissement dans l'autoclave du vide final cherché (20 mm.).

Ce matériel ne nécessite que des soins de propreté élémentaires et un assez fréquent graissage à la lanoline des robinets de verre à boisseau (la solution cyanurée provoquerait leur grippage).

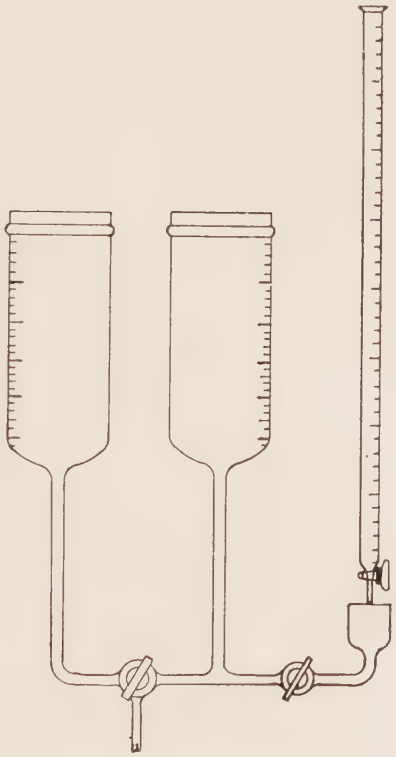


Fig. 40. — Dispositif de dosage des réactifs pour la génération de l'HCN.

Le générateur proprement dit (fig. 41) est en plomb durci spécial, à l'antimoine et au molybdène. Il reçoit les réactifs par un orifice situé à sa partie inférieure. La réaction s'opère dans le bac inférieur. Elle peut être facilitée et rendue plus complète par addition d'un dispositif de réchauffage de la cuve de réaction par circulation d'eau chaude. Ce dispositif a surtout pour objet d'empêcher les liquides résiduels de la réaction de retenir

une grande quantité d'acide cyanhydrique à l'état dissous. L'acide cyanhydrique gazeux est en effet beaucoup plus soluble à froid qu'à chaud, et si, comme il est difficile de toujours l'éviter, la réaction n'a pas été conduite avec une rapidité suffisante

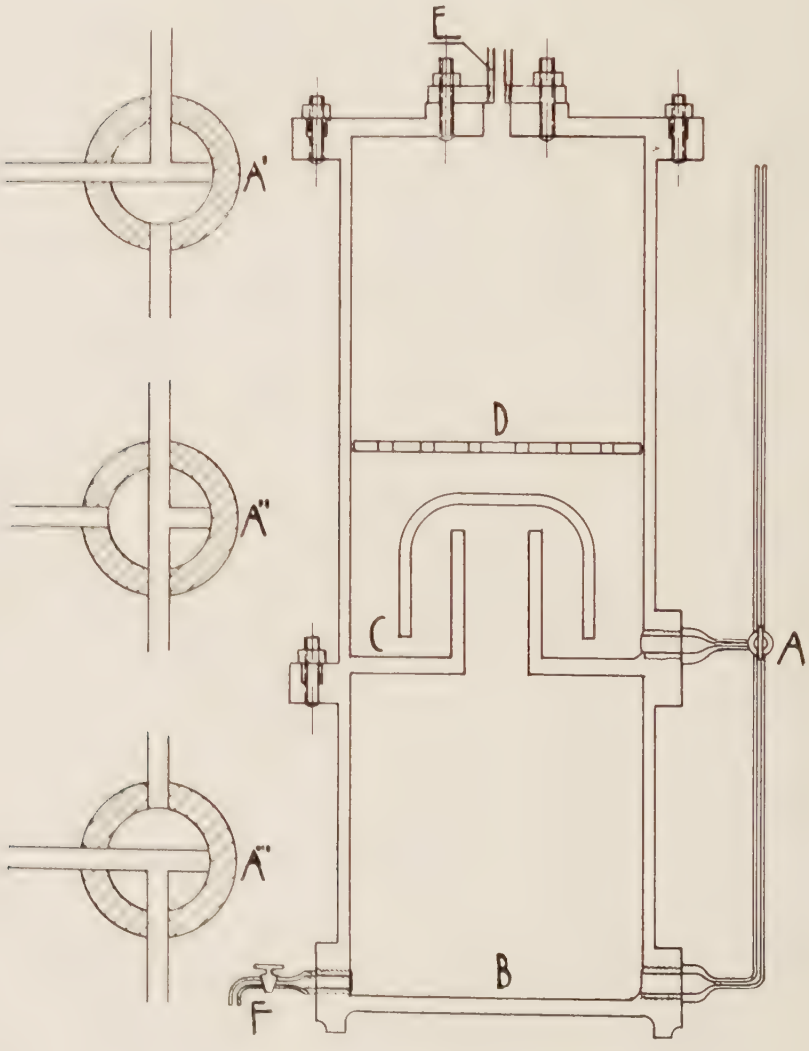


Fig. 41. — Générateur d'acide cyanhydrique type « Mallet ».

A : Robinet à trois voies. — B : Cuve de réaction. — C : Plateau de barbotage et de neutralisation du gaz. — D : Grille perforée. — E : Départ du gaz. — F : Robinet purgeur des résidus de la réaction.

(ou si on n'a fait intervenir qu'une quantité de réactifs insuffisante pour que la chaleur de réaction échauffe appréciablement l'appareillage en plomb), une fraction importante du fumigant produit peut demeurer dissoute dans ce liquide résiduel. Elle n'en sera expulsée que difficilement, comme il est dit plus loin, par balayage par une fraction de l'air aspiré vers l'autoclave. L'acide cyanhydrique gazeux produit s'échappe en barbotant préalablement dans une couche de solution cyanurée disposée sur le plateau intermédiaire, de façon à neutraliser au passage les gouttes acides qui pourraient être entraînées dans le courant gazeux. Un plateau perforé retient ensuite par des phénomènes de choc les gouttes en suspension. Enfin, l'acide cyanhydrique est aspiré par la tubulure située à la partie supérieure du générateur. La figure 41, représente, à côté du générateur, les trois positions que peut présenter le robinet à trois voies A. La position A' correspond au remplissage par de la solution cyanurée du plateau intermédiaire. Le remplacement de cette dose ne se fait, ultérieurement, que toutes les 15 ou 20 opérations. La position A'' correspond à l'alimentation de la cuve de réaction par les réactifs. C'est donc la position de travail courante. La position A''' correspond à la vidange du plateau intermédiaire dans la cuve de réaction. Cette opération ne se fait qu'en vue du remplacement de la couche neutralisante.

L'appareillage comporte, en outre, un robinet de vidange en bronze « marine » ou, mieux, en plomb durci, permettant d'évacuer, après chaque opération, le résidu de la réaction. Une tuyauterie d'alimentation d'eau, non représentée sur la figure, débouche à la partie supérieure du générateur et sert au rinçage de l'appareil.

Ce générateur n'est certes pas parfait, puisqu'il n'assure pas le brassage mécanique des réactifs, mais il a l'avantage de présenter une grande sécurité pour le personnel exploitant. On réduit au minimum ses inconvénients, qui se traduisent par une libération incomplète de l'acide cyanhydrique, en laissant barboter l'air après réaction dans le liquide résiduel, c'est-à-dire en ne refermant pas les orifices d'alimentation en réactifs après leur vidange ; par les tuyauteries est alors introduit de l'air.

Surveillance et entretien.

Une seule précaution importante est à prendre : il faut s'assurer, avant introduction de l'acide sulfurique, que la vanne commandant l'aspiration du tank au générateur est ouverte et que l'aspiration se fait bien. On provoquerait, dans le cas contraire, lorsque l'acide viendrait au contact de la solution cyanurée du bac de réaction, une surpression brutale, se traduisant par un refoulement violent vers l'extérieur, par les doseurs, d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide cyanhydrique.

L'entretien consiste seulement, par des vidanges et des rinçages faits en temps opportun, à éviter, dans l'appareil, la formation de cristaux de sulfate de soude neutre qui l'immobiliseraient rapidement en bouchant les orifices et en détériorant les robinets.

VAPORISEUR POUR FUMIGANTS LIQUIDES AUX TEMPERATURES ORDINAIRES

Un des premiers fumigants employés à l'origine dans les stations de **DVP** fut le sulfure de carbone. Ne bouillant qu'à 46°, ce produit ne pouvait être stocké à pression atmosphérique en gazomètre équilibré. Il fallut, pour son emploi rationnel, monter un appareillage spécial ; celui-ci fut d'ailleurs sans objet et abandonné au bout de peu de temps, lorsque l'on découvrit l'énorme supériorité de l'oxyde d'éthylène au point de vue insecticide.

Mais, depuis, un nouveau produit est apparu, dont l'emploi pourrait, dans certaines installations, être envisagé : l'oxyde de propylène. Ce corps a une efficacité intermédiaire entre celles du sulfure de carbone et de l'oxyde d'éthylène ; ne bouillant qu'à 33°, il dégage moins facilement que ce dernier une grande quantité de vapeurs et présente par conséquent de moindres dangers d'inflammation. Il peut enfin être stocké en emballages relativement légers, comme le sulfure de carbone ou l'essence minérale, d'où économies sérieuses sur les frais de transport.

L'ancien vaporiseur de sulfure de carbone des stations algériennes (fig. 42) conviendrait parfaitement pour l'oxyde de

propylène. Très simple et indéréglable, il comporte essentiellement un vase de Mariotte, un diaphragme de réglage de débit du fumigant et une prise d'air à débit réglé.

Le fumigant est en premier lieu versé sur un entonnoir filtrant A d'où il tombe dans le vase de Mariotte B gradué, simple bouteille cylindrique, en verre de préférence, de capacité

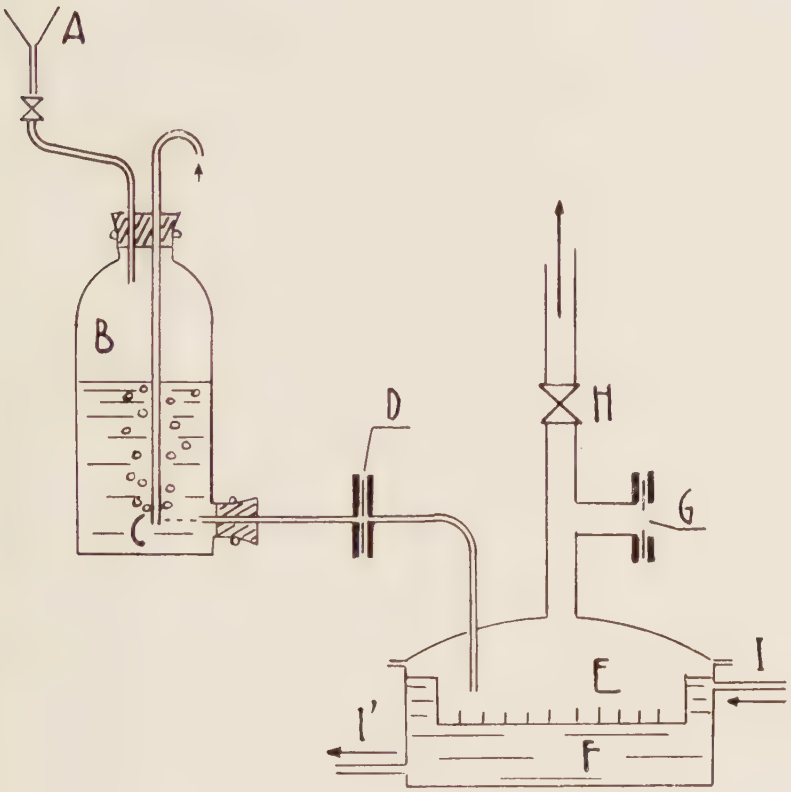


Fig. 42. — Vaporiseur pour fumigants bouillant au-dessus des températures ambiantes ordinaires (utilisable pour le sulfure de carbone, l'oxyde de propylène, etc.).

variant selon les besoins de la station. De ce réservoir, le liquide ainsi entreposé ne peut s'écouler à pression atmosphérique ; il faut un léger vide : on a en effet soin de faire affleurer le niveau inférieur du tube plongeur C de la bouteille à 4 ou 5 mm. au-dessous de l'orifice du diaphragme D. De ce

diaphragme, le fumigant s'écoule, en quantité réglée et en partie vaporisé déjà sous l'influence du vide, dans le vaporiseur E. La quantité restée liquide s'évapore alors au contact du fond échauffé par le bain-marie F. Pour éviter des recondensations, inévitables dans des tuyauteries froides avec les vapeurs pures, celles-ci reçoivent alors en G un appoint d'air légèrement supérieur à la quantité nécessaire pour éviter ces recondensations ; cet appoint est calculé en fonction de la tension de vapeur maxima aux températures les plus basses que l'on puisse enregistrer dans la station. Une vanne H intercalée à la sortie du vaporiseur ou plus loin commande tout l'appareillage ; sa fermeture, laissant la pression atmosphérique se rétablir dans le vaporiseur, arrête immédiatement l'écoulement du liquide dans celui-ci.

Le mélange fumigant/air, trop riche en fumigant, est ensuite amené jusqu'au mélangeur où il reçoit à la fois une nouvelle quantité d'air et l'acide carbonique nécessaires pour réaliser le mélange gazeux final. On peut aussi donner au diaphragme G une ouverture correspondant exactement à l'appoint d'air définitif ; en ce cas, le mélange fumigant/air ne reçoit plus ensuite au mélangeur que la dose d'anhydride carbonique indispensable pour assurer l'ininflammabilité.

Comme on le voit, il s'agit là d'un matériel fort simple, n'exigeant, comme surveillance et entretien, que les soins les plus courants de propreté intérieure et extérieure. Il convient toutefois d'ajouter que ce genre de vaporiseur n'est pas susceptible d'assurer les grands débits nécessités par l'alimentation d'autoclaves de plus de 10 mètres cubes. Or, il est indispensable, pour que la constance de composition du mélange ainsi aspiré vers l'autoclave soit assurée de bout en bout du remplissage de ce dernier, que les quantités de liquide qui ont franchi le diaphragme soient transformées presque instantanément, et dans leur totalité, en vapeur. Aussi a-t-il été mis au point, pour l'alimentation d'autoclaves de 20, 50 mètres cubes et davantage en vapeurs de fumigants à point d'ébullition relativement élevé, des vaporiseurs spéciaux, sans volant de liquide et à vaporisation pratiquement instantanée. Ces appareils retrouveraient leur utilité si un jour l'oxyde de propylène venait à être utilisé dans des stations comportant des autoclaves de grande capacité.

ALIMENTATION EN EAU DE L'APPAREILLAGE

L'eau de ville convient dans la plupart des cas aux besoins des stations. Mais il n'en est pas de même dans certaines régions d'Algérie telles que l'Oued Rhir (Touggourt, Djamâa, M'Raier), dont les eaux atteignent et parfois dépassent 5 grammes d'extrait sec par litre. Même dans la région de Biskra, où la salinité ne dépasse guère 2 grammes, les pompes sont rapidement endommagées si leur entretien n'est pas permanent et soigneux.

Il a fallu, pour pallier ce grave inconvénient, prévoir l'alimentation des appareils en circuit fermé avec de l'eau épurée ou distillée. Dans ce but, les ateliers sont munis de deux cuves : l'une souterraine, dite « citerne » ou « réservoir », l'autre aérienne, dite « cuve de charge ».

La cuve souterraine est d'abord emplie d'eau épurée ou distillée. Celle-ci est reprise par une pompe centrifuge (doublée en pratique par une pompe à main de secours) qui la remonte dans la cuve de charge. De celle-ci, le réseau des tuyauteries permet l'alimentation par gravité de tous les appareils, soit directement, soit par l'intermédiaire du chauffe-eau. L'eau qui s'écoule des appareils est ensuite à nouveau collectée dans la cuve souterraine.

Deux flotteurs de contrôle, munis de curseurs apparents et d'avertisseurs sonores, permettent à l'opérateur de surveiller constamment les niveaux des deux cuves et surtout celui de la cuve de charge. Ce dispositif, très simple, indéréglable, ne demande comme entretien que celui des pompes de remontée d'eau. Il sera bon toutefois, une fois par an, de vérifier les cuves pour procéder le cas échéant à leur nettoyage ainsi qu'à leur goudronnage intérieur et à leur peinture extérieure.

La marche en circuit fermé avec des cuves bien étanches rend peu importantes les pertes de liquide ; celles-ci ne peuvent apparaître que lors du nettoyage d'un appareil, vaporiseur par exemple, ou à la suite de fausses manœuvres.

TUYAUTERIES PRINCIPALES ET ROBINETTERIE

Le tracé des tuyauteries principales varie avec chaque station, mais ne peut procéder que de trois conceptions :

1° Il y a, pour l'ensemble des autoclaves, une seule tuyauterie servant à la fois à la manutention du vide et des gaz (fig. 43/1).

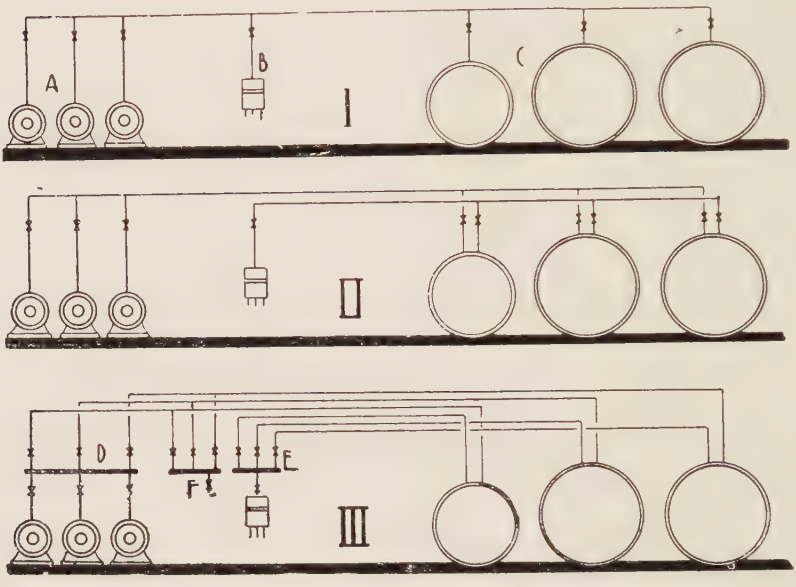


Fig. 43. — Principales dispositions possibles des tuyauteries dans les stations.

I. Dispositif à tuyauterie unique.
II. Dispositif à double tuyauterie.
III. Dispositif à triple collecteur et tuyauteries individuelles.

A : Vide. — B : Arrivée du mélange fumigant/air. — C : Autoclaves. — D : Collecteur de vide. — E : Collecteur de gaz. — F : Collecteur d'air (rinçages).

2° Il y a, pour l'ensemble des autoclaves, une tuyauterie de vide et une de gaz (fig. 43/2).

3° Il y a, pour chaque autoclave, soit une, soit parfois deux tuyauteries, mais le caractère principal de l'installation devient la présence de collecteurs (fig. 43/3) qui peuvent être au nombre de deux (vide et gaz), de trois (vide, gaz, air de

rinçage) et même de quatre (vide de début d'opération, vide de rinçage, gaz, air de rinçage). L'installation à quatre collecteurs [16] présente de l'intérêt surtout pour les stations de grande puissance, comportant des appareils de gros cubages, pour lesquels le poste de travail doit être utilisé au maximum et les temps morts supprimés.

Dans les installations à collecteurs, qui représentent la solution la plus moderne et donnent le rendement le plus élevé, les commandes sont réunies en un tableau, côte à côte avec les appareils avertisseurs. Cette disposition est bien entendu la plus pratique pour le personnel exploitant auquel elle épargne de multiples et inutiles allées et venues ; elle est aussi de réalisation plus coûteuse en raison du métrage de tuyauteries nécessaire.

Pour les tuyauteries des stations, le plomb est à éviter, tant en raison de son manque de rigidité que de son prix élevé ; le cuivre présenterait de l'intérêt, mais est également trop onéreux; aussi sont-elles pour la plus grande part en acier [17]. On peut utiliser, suivant les cas, soit des tubes en acier étiré sans soudure, soit des tubes soudés par rapprochement, de bonne qualité. Forcément assez nombreuses et de diamètres fort divers, les conduites doivent rester très accessibles et facilement démontables. C'est pourquoi elles sont formées de tronçons assez courts, rapidement séparables les uns des autres grâce à des raccords à brides pour les fortes sections, à des raccords « trois pièces » ou « unions » pour les petites. Elles sont toutes aériennes et suffisamment éloignées des murs pour en rendre le démontage aisé. On les dissimule parfois en par-

(16) Les pompes à vide desservent à volonté, soit le collecteur de vide de début d'opération (670 ou 700 mm. le plus souvent), soit le collecteur de vide de rinçage (650 mm. en général) ; le collecteur de gaz est alimenté par le mélangeur-doseur d'oxyde d'éthylène, le mélangeur-doseur de bromure de méthyle et le générateur d'acide cyanhydrique ; le collecteur de rinçage prélève l'air, soit dans l'atmosphère de l'atelier, soit à l'extérieur.

(17) Les tuyauteries d'aluminium ne peuvent être envisagées : ce métal provoque la décomposition du bromure de méthyle et donne des mélanges inflammables. L'emploi du plomb ou du cuivre constitue certes, en principe, la meilleure solution, mais l'acier a prouvé, dans les conditions normales de fonctionnement des stations de **DVP,** qu'il présentait à la corrosion une résistance parfaitement suffisante sans offrir les graves inconvénients précités ; malléabilité du plomb ou cherté du cuivre.

tie, par souci d'esthétique, dans des caniveaux couverts de tôle striée ou de dalles de béton, mais, ainsi cachées à la vue, elles sont mal entretenues, rouillent et présentent des difficultés de démontage.

Les joints plastiques entre brides ne sont jamais constitués par du caoutchouc naturel, facilement et rapidement dissous par l'oxyde d'éthylène ou le bromure de méthyle. Le cuivre doux, le laiton, le plomb, le feutre dur (et probablement aussi le néoprène) donnent par contre toute sécurité. Les joints en « fibre », s'ils sont correctement serrés, conviennent également, comme nous avons pu nous en assurer après des années d'usage.

Il est dangereux, inutile et d'ailleurs interdit par la loi, d'enduire les joints d'un corps gras au moment du montage. Cet artifice ne dissimule que temporairement les fuites éventuelles pendant les opérations de vérification de l'étanchéité ; le corps gras se dissout ensuite et des vapeurs toxiques s'échappent des joints désormais fuyards.

Les vannes, en général à double opercule, ne nécessitent qu'un serrage très doux.

Surveillance et entretien.

Les tuyauteries ne demandent qu'une visite périodique (une ou deux par an), très facilitée par les purgeurs qu'elles comportent toutes à leurs parties basses [18].

(18) Un seul point, très particulier, mais fort important en pratique et que nous avons récemment constaté, doit être signalé. Certaines tuyauteries d'adduction de bromure de méthyle doivent être parfois entièrement démontées et les pièces qui les composent séparées les unes des autres. Pour dévisser plus aisément ces brides ou raccords, les ouvriers commencent le plus souvent par les chauffer. On constate alors des accidents, peu graves, mais très douloureux, se traduisant par de violentes brûlures, par des « piqûres d'aiguilles » dans les yeux. Bien qu'il n'y ait pas eu, à notre connaissance, d'étude précise à ce sujet, il est vraisemblable que des quantités plus ou moins importantes d'acide bromhydrique se sont formées et fixées, à la longue, soit sur les matières plastiques formant joint, soit peut-être plutôt en combinaisons plus ou moins définies avec le métal. Ces composés, sous l'action de la chaleur, se dissocient. Or, il est connu que certains dérivés bromés sont de puissants lacrymogènes. Peut-être l'un des produits formés est-il $COBr_2$, correspondant au phosgène $COCl^2$.

De tels accidents, heureusement, n'entraînent pas de séquelles durables.

Rien de semblable n'est à redouter avec les tuyauteries d'oxyde d'éthylène, d'acide cyanhydrique ou de gaz carbonique.

La manœuvre des vannes doit être particulièrement surveillée par le chef de station : elles sont rapidement mises hors d'usage par des serrages trop énergiques. De temps en temps, il convient de resserrer l'écrou de serrage du presse-étoupe, ou de garnir celui-ci de tresse spéciale (avantageusement garnie de graphite). Lorsqu'une vanne produit un bruit ou une sensation de craquement au serrage, elle doit être immédiatement démontée et nettoyée ; il s'agit souvent d'un copeau métallique qui aurait tôt fait de détériorer les portées et de mettre la vanne hors d'usage.

TABLEAU DES COMMANDES

Un tableau des commandes ne trouve évidemment sa place que dans une grande installation ; il s'y montre alors extrêmement utile. Sans se déplacer, l'opérateur peut en effet :

— Contrôler sur des voyants lumineux la fermeture des portes de l'autoclave ou des autoclaves à mettre sous vide.
— Mettre sous pression les joints hydrauliques des portes d'autoclaves.
— Ouvrir les canalisations de vide, celles d'alimentation en eau et mettre en route la ou les moto-pompes.
— Contrôler le vide obtenu dans les autoclaves et stopper les moto-pompes au moment convenable.
— Ouvrir les canalisations de gaz, en étant averti à temps au cas où la cloche d'un gazomètre descend trop bas ; stopper l'introduction au moment convenable.
— Pratiquer de même les rinçages d'air en fin d'opération et dégonfler les joints hydrauliques.
— Donner ses instructions par haut-parleur aux ouvriers des halls.
— Contrôler constamment, grâce à des cadrans horaires, les moments des diverses opérations.
— Contrôler le voltage et l'ampérage.
— Mettre en route ou stopper le réchauffage des chauffe-eau, vaporiseurs, gazomètres.

La figure 44 représente un tableau des commandes du type réalisé à la nouvelle station d'Alger.

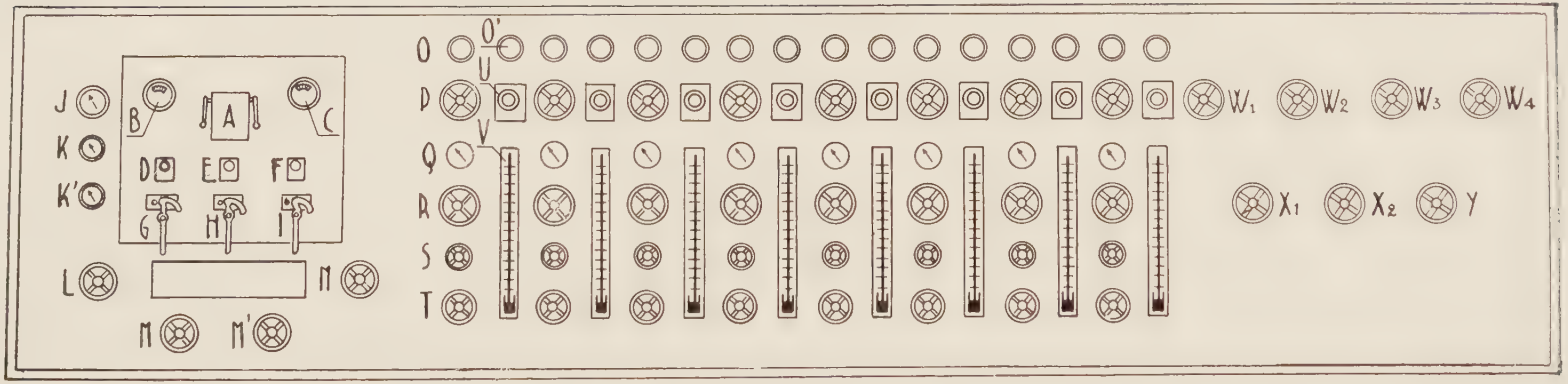


Fig. 44. — Tableau général des commandes, des vannes et du contrôle.

A : Interrupteur électrique général. — B : Ampèremètre. — C : Voltmètre. — D : Interrupteur des chauffe-eau. — E : Interrupteur du chauffage des vaporiseurs de CO^2. — F : Interrupteur du chauffage des gardes de gazomètres. — G, H, I : Boutons poussoirs commandant la mise en route des moto-pompes. — Le bouton « marche » ne peut être manœuvré que si l'ouverture du robinet d'eau a provoqué l'effacement du doigt qui le cache sur la figure. — J : Manomètre de la pompe automatique de gonflage des joints. — K, K' : Manomètres des pompes à main de gonflage des joints (secours). — L : Vanne d'isolement de la pompe automatique. — M, M' : Vannes d'isolement des pompes à main. — N : Vanne d'alimentation de la pompe automatique. — O : Dispositif de contrôle du vide. — O' : Dispositif de contrôle de la fermeture des portes. — P : Branchement sur le collecteur de vide. — Q : Contrôle de la pression des joints hydrauliques. — R : Branchement sur le collecteur de gaz. — S : Commande du robinet à trois voies du service des joints. — T : Branchement sur le collecteur d'air. — U : Dispositif de contrôle horaire des opérations. — V : Manomètre à mercure. — W : Vannes d'isolement des pompes à vide (une prévue en supplément). — X1, X2 : Commandes des mélangeurs. — Y : Commande du générateur d'acide cyanhydrique.

Appareils de manutention

Le chargement en vrac des autoclaves ne doit évidemment pas être envisagé ; il va à l'encontre du principe essentiel dont on recherche l'application dans les stations de **DVP** : l'économie du temps. Actuellement, à peu près dans tous les cas, les marchandises à traiter sont préalablement chargées sur des wagonnets de dimension standard pour une station ; ces wagonnets peuvent être aussi vite sortis de l'autoclave qu'on les y a introduits ; leur utilisation représente donc le facteur de vitesse principal dans les installations modernes. Hors de l'autoclave, il y a intérêt à leur faire suivre un trajet à sens unique au cours duquel ils sont déchargés, puis ramenés dans le hall de chargement. On hésite souvent, à ce sujet, dans le choix entre deux principes différents : chariots indépendants, susceptibles d'être dirigés en n'importe quel point de la station, wagonnets guidés par un réseau de voies adapté au trafic.

Les chariots indépendants présentent les avantages dus à leur mobilité même, c'est-à-dire qu'ils peuvent être poussés, pour leur chargement et leur déchargement, à proximité immédiate des piles de marchandises ou d'un camion. On peut en outre munir leurs roues d'une bande de roulement caoutchoutée (19) qui rend leurs déplacements moins bruyants. Ils n'ont besoin d'être guidés exactement que dans l'autoclave, but facile à atteindre au moyen d'un ou deux guides longitudinaux rivés ou soudés à la virole.

Mais, pour tout praticien qui connaît l'intense mouvement des marchandises dans une station de fort ou moyen rendement, un réseau de voies ferrées guidant les wagonnets s'avère préférable. Il oblige en effet les usagers à entreposer les marchandises en attente en massifs réguliers, permettant la circulation permanente des trains. Il y a économie de place, économie de temps, et pour tout dire, suppression de l'anarchie que l'on évite bien difficilement avec des wagonnets non

(19) Les bandages pleins se détériorent assez vite au contact des débris de bois, de feuillard et des clous qui parsèment inévitablement le sol d'une station au travail.

guidés. Deux inconvénients seulement peuvent être reprochés au système : d'abord l'emploi obligatoire de plaques tournantes ou de lorrys, automoteurs ou non, pour effectuer les déplacements transversaux (les voies courbes, obligatoirement de court rayon dans les stations, sont inutilisables dans la plupart des cas), ensuite le bruit, surtout au passage des plaques tournantes. Ces deux inconvénients sont, en pratique, admissibles et beaucoup moins graves que ceux de la précédente solution.

Les voies ferrées en usage sont en général des voies Decauville, en rails à ornière, de 0 m. 60 d'écartement lorsque les plus gros tanks ne dépassent pas 1 m. 75 de diamètre, de 0 m. 80 dans le cas contraire.

Les plaques tournantes doivent avoir un diamètre minimum de 1 m. 10. Cette dimension rend facile la manœuvre à la main des cliquets de fixation des plaques, ceux-ci débordant alors suffisamment du dessous des wagonnets chargés. Le poids des plaques leur évite en outre de basculer lors de l'arrivée brutale des wagonnets ; si le diamètre est plus réduit (0 m. 90), ces « coups de raquette » provoquent souvent l'usure prématurée des têtes de rail, leur descellement et même la rupture des plaques tournantes ou des essieux des wagonnets.

L'utilisation, pour le trafic des voies transversales, de wagonnets transbordeurs ou lorrys, soit poussés à bras, soit, mieux, à traction électrique, constitue une meilleure solution. Le poids élevé d'un lorry lui permet de recevoir aisément un wagonnet de 3 tonnes et davantage ; sa manœuvre, avec un simple levier « marche-arrêt » est des plus faciles. On ne peut reprocher à ce système qu'un inconvénient : la présence d'un seul lorry par voie transversale condamne automatiquement les voies longitudinales autres que celle sur laquelle il est arrêté. Mais son extrême mobilité atténue beaucoup ce défaut. Par ailleurs, dans une station équipée en plaques tournantes, la manœuvre d'un wagonnet sur une plaque exclut, elle aussi, temporairement, le libre usage de la voie transversale que dessert cette plaque tournante.

Les wagonnets doivent répondre à plusieurs conditions :

encombrement minimum permettant d'utiliser au mieux la place disponible dans l'autoclave au-dessus de leur plateau — extrême solidité, tant du plateau que des essieux et des roues — roulement très doux, exigeant un minimum d'effort — réparation, entretien et graissage faciles.

Un encombrement minimum est obtenu en abaissant autant que possible la plate-forme. Cet abaissement est cependant limité par deux nécessités : celle de donner aux roues un diamètre suffisant pour faciliter le roulement et celle de laisser au plateau une largeur suffisante pour recevoir le chargement. En pratique, cette largeur est voisine de 1 m. 50 ou à peine supérieure. La hauteur totale d'un wagonnet au-dessus du rail est de 0 m. 27 à 0 m. 28, le diamètre du bandage de la roue de 0 m. 24.

La longueur du plateau est, comme la largeur, de 1 m. 50 ; cette dimension permet un chargement solide, homogène, puisque de base carrée. Le poids est acceptable pour la traction à bras d'homme (3 tonnes au maximum pour des marchandises lourdes et compactes comme des fruits secs).

Lorsque les colis à charger sur les plateaux des wagonnets sont de contexture rigide (caisses, balles comprimées par exemple), le chargement s'effectue aisément à la verticale. Pour utiliser au mieux le volume de l'autoclave, on fait même dépasser un peu latéralement (mais non longitudinalement car le nombre de wagonnets prévu ne trouverait plus place dans l'autoclave), les colis en dehors de la plate-forme.

Mais les marchandises sont parfois contenues dans des sacs ou autres emballages plus ou moins flasques (céréales, légumes secs, pommes de terre). Avec la trépidation du roulement, les sacs ou corbeilles s'affaissent, glissent les uns sur les autres et donnent au chargement un profil hors gabarit : les wagonnets ne peuvent plus entrer dans l'autoclave ou, ce qui est plus gênant encore, s'y coincent contre les parois. Il faut, lorsqu'une station prévoit le traitement fréquent de marchandises en sacs, pallier cet inconvénient en munissant les wagonnets de solides ridelles amovibles qui empêcheront les déformations latérales du gabarit de chargement. Elles permettent à la fois une meilleure utilisation de la section des autoclaves et le maintien de la marchandise. En outre, des béquilles latérales mobiles peuvent être installées sous le plateau des wagonnets ·

elles leur évitent de basculer lors des déchargements brutaux des sacs contre les ridelles, ou lorsque les ouvriers ont tendance, comme il arrive trop souvent, à charger trop haut un côté du wagonnet avant l'autre. Ces béquilles ne sont vraiment utiles que lorsque la voie de la station mesure 0 m. 60 ; la voie de 0 m. 80, assurant une meilleure stabilité, dispense de l'obligation de recourir à leur usage.

On a pensé un moment à munir les wagonnets de systèmes d'attelage pour pouvoir les former en trains, mais la chose s'est révélée peu pratique. Un wagonnet chargé représente déjà en effet, à lui seul, une lourde masse qui demande au démarrage l'effort de trois hommes robustes. Un train en comprenant quatre ou huit ne pourrait être ébranlé que par la traction mécanique et l'importance des stations n'est pas, en général, telle que celle-ci doive être couramment envisagée.

Une construction très robuste des wagonnets est rendue indispensable, non seulement par leur charge même, mais par la brutalité des manipulations de colis souvent pesants (40, 50 et même 100 kgs). Les plateaux devront être en épaisse tôle d'acier striée (6 mm.) pour éviter des déformations permanentes et être supportés par un solide châssis en fers profilés. Les roues du type Decauville résistent bien. Les essieux, en acier doux, doivent être particulièrement soignés au décolletage (congé suffisant) ; leur diamètre doit être de 50 mm. au moins pour résister aux chocs violents du passage sur les plaques tournantes ([20]).

La manutention à bras exige absolument, pour réduire à trois ou quatre le nombre d'ouvriers chargés de la manœuvre d'un wagonnet, que les roues soient indépendantes et montées sur roulements à billes ou sur très bons roulements à rouleaux. Le montage sur simples coussinets, quand l'alésage de ces derniers est aussi voisin du diamètre de roulement des roues, n'atténue pas suffisamment les frottements.

Enfin, pour faciliter le graissage et éviter de retourner cha-

(20) Lorsque les stations d'Algérie utilisaient des essieux de 35 mm., un tiers de ceux-ci étaient brisés à la fin d'une campagne de trois mois. Pour être équitable cependant, on doit ajouter qu'une construction défectueuse de certaines parties des voies d'atelier était aussi la cause de cette destruction rapide. Ces voies mettaient à dure épreuve, par les chocs violents qu'elles leur imposaient, les essieux incriminés.

que fois dans ce but les lourds wagonnets, il y a intérêt à ménager, dans le plateau même, des trous permettant l'accès facile d'une pompe ou d'une burette aux graisseurs des boîtes de roulement.

Comme matériel de manutention autre que les wagonnets, signalons enfin que les installations importantes doivent disposer d'appareils de levage et de transport divers : moufles, monorails, etc... Les uns et les autres sont utilisés pour manipuler avec le minimum d'effort des objets lourds, tels que les bouteilles de fumigant ou d'anhydride carbonique, qu'il faut fréquemment mettre en chantier ou déplacer.

RECHAUFFAGE DES MARCHANDISES

L'efficacité des traitements est compromise avec le mode opératoire ordinaire quand la température des marchandises est inférieure à 12° ; l'échec est à peu près certain, à moins de mettre en œuvre des dosages tout à fait anormaux et par suite très onéreux, lorsqu'elle tombe au-dessous de 10°. Sous l'influence du froid en effet, la respiration des insectes est considérablement diminuée et les quantités de fumigant qu'ils inhalent deviennent insuffisantes pour provoquer leur intoxication.

On ne peut pratiquement faire disparaître cette difficulté qu'en réchauffant les marchandises à cœur des colis jusqu'à la température moyenne de 14/15°. Certes, le problème s'est déjà posé, mais il n'a jamais encore été résolu (21) en raison de sa complexité et des gros frais qu'entraîneraient les installations nécessaires. Il faudra cependant qu'il le soit avant peu en raison des énormes intérêts en cause.

Des essais faits à Alger en 1947, sur des massifs de 4 à 5 tonnes, ont permis de préciser que, dans des locaux chauffés et pourvus d'une installation de brassage d'air assez puis-

(21) On a construit, au début, des autoclaves réchauffés par des serpentins à vapeur ou des résistances électriques. Le principe fut abandonné car il s'avéra aussitôt impossible d'élever la température de la charge sans immobiliser de longues heures l'autoclave avant de commencer à opérer ; le rendement de l'appareillage n'était plus en rapport avec son prix relativement élevé.

sante, on peut réaliser un échauffement, au centre de caisses de dattes de 40 kgs, de l'ordre d'une douzaine et même d'une quinzaine de degrés :

a) Avec des massifs de caisses comportant des caillebotis intermédiaires [22], en trois heures, avec une ambiance dépassant d'une vingtaine de degrés la moyenne des températures initiale et finale, prises au cœur de la masse à réchauffer [23].

b) Avec des wagonnets à chargement jointif (sans interposition de caillebotis), il faudrait compter sur un temps sensiblement double (près de six heures) pour parvenir au même résultat [24] en se donnant les mêmes limites de température, tant de l'air que des colis à échauffer ; si l'on voulait

(22) Ces caillebotis sont constitués par des lattes de bois de 22 à 25 mm. d'épaisseur séparant les couches de caisses successives. Ils n'ont pour but que de favoriser la pénétration de l'air chaud entre les colis. Les massifs de caisses sur lesquels porta l'expérimentation étaient de forme cubique et la longueur du côté était supérieure d'un tiers à celle du côté du chargement d'un wagonnet.

(23) Par exemple, pour porter la température de la masse, mesurée à cœur, de 2 à 18°, il suffira de maintenir de bout en bout de l'opération l'air circulant autour de cette masse aux environs de 30°. Pratiquement, deux solutions sont à envisager. Dans l'une, considérant que l'air en circulation dans un dispositif de réchauffage va lui-même en se refroidissant moins à mesure que la masse s'échauffe elle-même, on commencerait avec de l'air à 25-27° pour finir avec de l'air à 33-35°, ce qui est parfaitement admissible. Dans une seconde, on peut au contraire estimer qu'il y a avantage à utiliser une circulation d'air nettement plus chaud au début de l'opération, alors que la masse à échauffer est encore froide, et que le contact avec des gaz à température relativement élevée ne risque pas de porter les denrées à une température incompatible avec la conservation de leurs qualités organoleptiques ; au contraire, on doit diminuer la température de l'air en circulation quand la masse à échauffer est déjà assez chaude, et risque par conséquent d'être plus facilement soumise à une surchauffe dangereuse. Cette nécessité d'une mise en œuvre antiméthodique des températures de l'air en circulation est maintenant bien reconnue par tous les praticiens du séchage (problème analogue à certains points de vue).

De ces deux modes opératoires possibles, l'expérimentation en grand pourra seule, dans l'avenir, préciser quel est le meilleur en fonction des divers points de vue à considérer.

(24) Au même résultat seulement en ce qui concerne les températures de la marchandise. Il ne faut pas oublier, comme il a été dit précédemment, que les métabolismes des insectes ne prennent pas immédiatement leur intensité physiologique correspondant à cette température. Un insecte échauffé récemment de 4 à 16° ne sera pas intoxiqué aussi facilement, tant s'en faut, qu'un insecte soumis à la même température de 16° depuis plusieurs heures.

ramener à trois heures la durée du réchauffage, il faudrait admettre d'autres conditions de température. On pourrait, par exemple, réchauffer à cœur en trois heures de 4 à 16° des caisses de 40 kgs de dattes en utilisant de l'air à une température moyenne de 40° (25).

Deux solutions sont à considérer en tenant compte de ces données.

Celle primitivement préférée consistait à réchauffer sur wagonnets les caisses empilées avec lattis intercalaires dans des tunnels spéciaux. Apparemment avantageuse, cette solution présentait à l'examen de trop graves inconvénients pour pouvoir être retenue. Tout d'abord, les installations étaient coûteuses, tant en ce qui concerne la construction des tunnels isothermes que celle du matériel thermique (chaudières, turbo-ventilateurs, tuyauteries et vannes), et compliquaient le travail normal d'une station. Il fallait ensuite admettre, après réchauffage, ou la nécessité de manipuler à nouveau le chargement pour enlever les lattes, ou bien une diminution sensible du taux de chargement des autoclaves (15 à 20 %) due à la présence de ces lattes intercalaires. Enfin, les trois jeux de wagonnets ordinairement en usage dans les stations (un dans le hall de chargement, un dans le tank, un dans le hall de déchargement), devenaient insuffisants et il était indispensable d'en posséder cinq (deux dans le tunnel de réchauffage), d'où augmentation du prix de l'installation et aggravation de l'encombrement.

Il semble bien, en définitive, qu'une seconde solution doive être considérée comme pratiquement préférable. Celle-ci consiste simplement à entreposer quelques heures (6 ou 8 semblent suffisantes a priori) les marchandises dans des halls de réchauffage où elles sont directement déchargées des camions ou des wagons. Ces halls peuvent fort bien être

(25) Si, comme il a été dit dans une note précédente, on décidait d'accroître la température de l'air du début à la fin de l'opération, celle-ci pourrait varier de 34 à 44°. Il est prudent, pour l'instant, et en l'absence de toute vérification à grande échelle, de considérer cette dernière température comme une limite. Les dattes en supportent, certes, de bien supérieures sur les palmiers, mais il est probable que leurs réactions seraient différentes après complète maturation, étroitement serrées les unes contre les autres et sans aération à l'intérieur d'une caisse.

de grands boxes pris sur le hall de chargement ou le hall de chargement entier lui-même. Les caisses ou sacs y sont soumis, soit sur caillebotis, soit sur wagonnets en attente, avec ou sans lattes intercalaires selon la vitesse de réchauffage cherchée, à des températures n'excédant pas 30°.

Cette seconde solution est singulièrement plus pratique que la précédente. On ne peut guère lui reprocher que deux inconvénients. Le personnel devra prendre certaines précautions lorsqu'il passera des halls chauffés à 30° environ à l'ambiance extérieure beaucoup plus froide (26). En outre, la dépense de combustible sera plus considérable (27), puisqu'il faudra alors chauffer, en même temps que les marchandises, des locaux non calorifugés et dont les portes seront fréquemment ouvertes ; l'abaissement des plafonds et la construction soignée, même semi-isotherme, des murs, ne réduiront que partiellement ce défaut.

(26) En fait, ce danger est minime. Tous les chauffeurs de chaudière connaissent des alternances de températures beaucoup plus brutales. Et il n'y a rien là de comparable avec le risque que courent, par exemple, les employés des installations frigorifiques.

(27) Soient à réchauffer de 5 à 15° dans un tunnel isotherme 10 tonnes de fruits secs qui représentent à peu près le chargement d'un wagon. Admettons que la chaleur spécifique des fruits secs soit égale à 1 et que les pertes de chaleur soient de 20 %.

Il faut donc :

$$10 \times 10\,000 \times 1{,}2 = 120.000 \text{ calories.}$$

Admettons encore que l'air chaud cède à chaque passage à la marchandise des calories en quantité telle qu'il subisse un abaissement de température de 10°. Sa chaleur spécifique étant de 0,3, il faut donc théoriquement, pour réchauffer le chargement d'un wagon de fruits secs, faire circuler dans l'enceinte 40.000 m^3 d'air chaud.

Ces chiffres précisent déjà l'ampleur des installations de chauffage et de distribution de l'air nécessaire. La consommation en combustible ou en électricité pour un seul wagon, en admettant un rendement de 100 % dans le chauffage de l'air, serait, en bon charbon, de 17 à 20 kgs ; en mazout, de 12 kgs ; en propane, de 10 kgs ; en électricité, de 140 kwh.

Les consommations seraient, dans des halls de réchauffage bien conçus, augmentées d'environ 50 %. Il conviendrait, dans ces halls, pour diminuer les pertes de calories vers l'extérieur, de travailler avec de l'air moins chaud que dans les tunnels et d'y faire séjourner plus longtemps les colis.

La dessication partielle de la marchandise, résultant à la fois du chauffage et de l'abaissement du degré hygrométrique de l'air, serait peu importante en raison de la compacité des produits traités et du fait que l'atmosphère du local resterait aussi confinée que possible.

Matériel de récupération des fumigants

Les techniques exposées au début de cet ouvrage admettent toutes, après un temps donné d'exposition aux vapeurs du fumigant choisi, le rejet pur et simple dans l'atmosphère, dans les meilleures conditions de sécurité, des quantités d'insecticide gazeux mises en œuvre.

Lorsqu'il s'agit de l'acide cyanhydrique, produit peu coûteux et employé à des doses relativement faibles, cette manière d'opérer ne soulève pas d'objections. Mais il n'en est pas de même pour des fumigants de prix élevé, employés à des concentrations beaucoup plus fortes, tels que l'oxyde d'éthylène ou le bromure de méthyle.

Soit en effet un autoclave A de un mètre cube qui, compte tenu des marchandises qui le remplissent, a reçu 100 grammes d'oxyde d'éthylène (cette concentration correspond à 150 g./m³ pour l'atmosphère libre si l'appareil est empli à refus de sacs ou de caisses de fruits secs). Il serait avantageux de récupérer après désinsectisation une certaine partie de l'oxyde diffus dans l'air.

Une première solution consiste à faire passer, par un simple jeu de vannes, une partie de l'atmosphère toxique déjà utilisée dans un autre tank où une opération va commencer. Soit, en effet, un second autoclave B de un mètre cube, chargé lui aussi de la même marchandise, dont les pompes viennent juste d'achever la mise sous vide de 670 mm. La simple mise en communication de A et de B, l'un à 20 mm., l'autre à 670 mm., va établir dans les deux un vide commun de 345 mm., soit une pression absolue de 415 mm. Cette opération correspond, pour B, à la récupération de 0 m³ 425 de l'atmosphère de A, soit 42,5 % de l'oxyde d'éthylène mis en œuvre [28]. Mais on ne tient pas compte, dans ce calcul tout

(28) Il est même possible, et des essais ont été effectués en Amérique à ce sujet, de pomper l'atmosphère de A et de la refouler en B de façon à faire tomber le vide dans ce dernier de 670 à 20 mm. En ce cas, on récupère 85 % de l'oxyde d'éthylène **resté libre** dans A. Mais cette méthode

théorique, des phénomènes de sorption véritablement très importants des vapeurs d'oxyde par les marchandises, sorption telle que, dans bien des cas, le délai de désinsectisation écoulé, il n'existe plus à l'état libre dans l'atmosphère de l'autoclave qu'une quantité très diminuée de l'oxyde primitivement introduit [29].

Or, **ce pourcentage de sorption est pratiquement impossible à chiffrer** en raison des multiples causes de variation auxquelles le phénomène est soumis. Il serait nécessaire, après chaque opération, d'analyser l'atmosphère ainsi récupérée, puis de faire l'appoint avec de l'oxyde d'éthylène frais. Des difficultés techniques énormes surgissent, tendant à transformer les stations en laboratoires d'usine et les chefs de station en ingénieurs. Le rythme du travail se trouverait considérablement ralenti du fait de manipulations délicates et longues ; la désinsectisation deviendrait si complexe, les erreurs si faciles qu'on ne pourrait plus en attendre le rendement ni la sécurité ordinaires.

Ces inconvénients sont tels, en pratique, que toute idée de récupération partielle par ce procédé a dû être abandonnée.

Le but est cependant d'importance économique trop grande pour qu'on ne tente pas de l'atteindre par un autre moyen. Si, par exemple, on traite des wagons de chemin de fer entiers

---

n'est applicable que si on a l'occasion d'utiliser le second autoclave immédiatement après le premier. Sinon, deux transvasements sont nécessaires.

C'est pourquoi on a songé à une autre solution qui serait certes préférable. Celle-ci consiste à faire suivre la pompe à vide d'un compresseur qui refoulerait le mélange gazeux extrait de l'autoclave dans un réservoir sous pression, par exemple à 7 kgs, ce qui représenterait un réservoir d'une capacité de 1/9 de l'autoclave desservi. Un réservoir de 1.100 litres recueillerait ainsi l'atmosphère extraite d'un tank de 10 m³. La dépense de force motrice pour la compression ne serait pas excessive.

Pour l'oxyde d'éthylène toutefois, les phénomènes de sorption et de dissociation restent si gênants que la méthode n'est pas, en définitive, à retenir.

Pour le bromure de méthyle par contre, et surtout pour les petits autoclaves de 10 m³ et au-dessous, la récupération par refoulement dans un magasin semble mériter d'être considérée de plus près. Pour les gros autoclaves, la récupération par charbons actifs dont nous parlons plus loin est seule pratique.

(29) Ajoutons que, lors de ce transvasement de vapeurs, l'atmosphère de A va se refroidir, ce qui diminuera encore sensiblement le taux de la récupération.

pour éviter les coûteuses manutentions, on constate en effet que la dépense de fumigant est presque double de celle nécessitée par le traitement sur wagonnets : il existe sous le plancher du wagon une hauteur considérable, un espace mort, qui correspondraient à une dépense vraiment exagérée de fumigant si celui-ci n'était récupéré en grande partie. Cette récupération peut être réalisée en utilisant un corps adsorbant convenable [30], charbon activé de préférence, garnissant un filtre (nous préférons ce terme à celui de « cartouche » qui évoque des capacités beaucoup plus modestes) de surface et d'épaisseur adaptées aux besoins. Ledit filtre doit être intercalé, non pas sur la tuyauterie de refoulement, mais, pour supprimer les risques d'intoxication du personnel par des fuites de fumigant et éviter la pollution du charbon par l'huile d'éjection des pompes, en amont de celles-ci [31]. Une tuyauterie by-pass permet, lors de la première aspiration, de faire le vide dans les autoclaves sans passer par le filtre, en passant par celui-ci au contraire pour les opérations de rinçage (ou seulement plutôt la première de celles-ci). Deux filtres ou deux séries de filtres montés en parallèle sont en fait nécessaires

(30) Les volumes d'air à « filtrer » ne permettent pas d'envisager leur barbotage dans un liquide quelconque, dissolvant ou réactif. Il en résulterait, sans tenir compte des énormes dimensions à donner nécessairement au barboteur pour obtenir un contact correct entre le gaz et le liquide, une perte de charge trop considérable pour qu'on puisse raisonnablement l'envisager.

Si, par exemple, on récupérait l'oxyde d'éthylène par barbotage dans un liquide réactif, il faudrait :

— absorber par de l'acide chlorhydrique pour reconstituer la monochlorhydrine ;
— traiter la monochlorhydrine par la soude ou la potasse ;
— procéder à une rectification très délicate pour éliminer les impuretés provenant des réactions accessoires ;
— éliminer l'eau.

Le simple lavage du gaz à l'eau pure, suivi d'une distillation, serait peut-être préférable. Mais que de dépenses de tout ordre, et pour quel taux de récupération ?

A sec, l'adsorption de l'oxyde d'éthylène par les charbons activés n'est pas davantage possible. Ceux-ci seraient tôt incrustés par les produits de polymérisation partielle de l'oxyde d'éthylène.

(31) Il convient de noter que la poussière de charbon de bois étant fortement abrasive, un filtre à poussières d'efficacité parfaite doit être intercalé entre filtre à charbon et pompe, faute de quoi cette dernière serait rapidement mise hors d'usage.

pour que l'on puisse régénérer l'un quand l'autre travaille. On doit noter que, pendant les trois premières minutes du vide de rinçage, l'air chargé d'insecticide est aspiré au débit, par seconde et par mètre cube d'autoclave, de 3 litres environ, soit plus de 200 litres pour un autoclave de 70 m^3, près de 2 m^3 pour un autoclave de 600 m^3 qui contient deux wagons de chemin de fer. Un tel débit exige un filtre de grande capacité et de grande surface filtrante pour éviter des pertes de charge exagérées. La régénération du charbon saturé de bromure se fait, non par traitement à la vapeur d'eau [32], mais par simple chauffage du charbon [33] au moyen d'un serpentin ou de grilles chauffantes parcourant la masse : les vapeurs de bromure désorbées retournent vers le gazomètre de stockage, additionnées d'une petite quantité d'air provenant des espaces intergranulaires du charbon.

En définitive, on peut conclure qu'avec les divers moyens actuels, si la récupération économique de l'oxyde d'éthylène est quasi-impossible, il n'en est pas de même pour le bromure de méthyle. Celui-ci est probalement récupérable, soit par adsorption au charbon actif, soit par compression de l'atmosphère extraite dans un réservoir magasin sous 7 à 10 kgs.

---

(32) L'expérience montre que, en faisant passer de la vapeur d'eau au travers d'une masse de charbon chargé d'oxyde d'éthylène, une partie non négligeable de l'oxyde adsorbé est transformée en glycol avec, comme conséquence, non seulement une nouvelle perte en fumigant, mais l'incrustation rapide de l'adsorbant par le glycol qui, non volatil, en sature les pores.

Un autre inconvénient, d'ailleurs pratiquement moins grave, apparaît avec le bromure de méthyle. Une partie de celui-ci se transforme par hydrolyse en acide bromhydrique, ce qui entraîne pour le matériel tous les risques dus à la causticité de ce produit et oblige à faire passer le bromure de méthyle récupéré par la colonne de neutralisation avant de le stocker à nouveau dans le gazomètre.

(33) Il convient cependant de reconnaître que la récupération par la simple chaleur présente trois inconvénients. Le premier réside dans le fait que la récupération n'est que partielle ; mais la chose a peu d'importance puisque les charbons employés sont fort longtemps les mêmes. Le second est plus sérieux. Le chauffage par serpentins ou grilles chauffantes provoque des surchauffes locales susceptibles d'occlure les pores du charbon par altération de produits aspirés avec le bromure et provenant des denrées elles-mêmes. Le troisième est le plus grave. Il est en effet démontré que le chauffage à sec, par les successions de dilatations et de retraits qu'il provoque, entraîne un effritement du charbon. Or, l'introduction de poussière de charbon, au cas où le filtre ad hoc placé en aval ne fonctionnerait pas ou fonctionnerait mal, aurait tôt fait de détériorer les pompes.

L'appareillage nécessaire dans l'un et l'autre cas constitue indéniablement une complication supplémentaire, mais les possibilités de récupération qu'il offre, de 80 % peut-être, sont si avantageuses qu'on n'en peut a priori repousser le principe. La pratique pourra seule, dans l'avenir, le faire adopter ou rejeter.

Ajoutons enfin que l'utilisation des charbons actifs dans les conditions étudiées constitue à elle seule un problème de technologie fort complexe et qui ne pourra être résolu de façon satisfaisante que par d'excellents spécialistes. Les données en sont fort nombreuses ; il faut choisir le type de charbon le mieux approprié en fonction de sa sélectivité ; tenir compte du fait qu'en fin d'aspiration le filtre fonctionne sous vide élevé, ce qui diminue dans une proportion importante le pourcentage de fumigant adsorbé et peut même provoquer la désorption d'une partie du bromure adsorbé au début ; déterminer l'utilité ou l'inutilité de faire passer par le filtre les gaz du second rinçage qui, beaucoup plus pauvres en fumigant, risquent aussi de provoquer cette désorption ; supprimer ou réduire les inconvénients que représentent la désagrégation du charbon et la nécessité d'arrêter ses poussières avant leur arrivée aux pompes ; rechercher si la préférence doit être accordée au montage des filtres en séries, ou en parallèles, ou en séries parallèles, etc...

Stations mobiles

De l'importance même et du coût élevé des stations fixes à usage commercial, il résulte que celles-ci sont en général assez peu nombreuses. Ainsi n'en compte-t-on actuellement, en service ou en projet urgent, que 12 en France [34] et 19 en Afrique du Nord [35].

D'autre part, les bénéfices que l'on pourrait tirer pour l'intérêt général d'un développement plus grand encore de la

(34) Le Havre, Bordeaux, Marseille, Paris, Valenciennes, Isles-sur-Sorgues, Pouillon, Bayonne.

(35) Alger, Blida, Oran, Bougie, Philippeville, Bône, Biskra, M'Raier, Djamâa, Touggourt, Tunis, Djebel Djelloud, Kebili, Sfax, Casablanca, Port-Lyautey.

méthode [36] sont tels que l'on doit souhaiter cette extension au meilleur compte. C'est la raison pour laquelle l'industrie française a commencé à étudier depuis plusieurs années, et a même réalisé, des installations mobiles dont il est superflu de préciser les avantages.

Celles-ci doivent pouvoir circuler, soit sur route, soit sur chemin de fer, et la première réglementation à laquelle elles doivent tout d'abord satisfaire est par conséquent celle des transports routiers et ferroviaires.

Les installations transportables sur route peuvent être réalisées de façons très diverses.

Le prototype (fig. 45) est celui parfaitement décrit par **Pussard** (31) auquel nous empruntons la plupart des détails ci-après :

Un autoclave d'un mètre cube et demi, à une porte, est monté sur l'arrière d'un camion de trois tonnes et demie ; le tout pèse moins de six tonnes. La vitesse maxima est de 70 km/h., la vitesse moyenne de 30 à 40 km/h.

Sur les côtés de l'autoclave sont fixés : des colliers d'amarrage permettant le transport des tubes de fumigant — un chauffe-bouteille pour vaporisation du fumigant — des tonnelets de transport de la glycérine de garde du gazomètre — la pompe de gonflage du joint hydraulique — et enfin la pompe à vide, de type P 6, mue par un moteur à explosion de 2 CV.

Sur le toit de la cabine-laboratoire se trouve un réservoir d'eau chauffé en premier lieu par les gaz d'échappement du moteur du camion ; l'eau alimente le chauffe-bouteille et, le cas échéant, le gazomètre du fumigant.

La cabine-laboratoire mesure 1 m. 75 sur 1 m. 60. Elle renferme : deux gazomètres (fumigant et gaz carbonique) — un mélangeur — un générateur d'acide cyanhydrique et un vaporiseur de sulfure de carbone — les appareils de contrôle et

(36) Il est bien certain que des stations mobiles pourraient traiter, en outre des produits agricoles et des denrées courantes, des vêtements, des livres, de la literie, des meubles piqués, etc... Elles remplaceraient avantageusement les appareils d'étouffage des cocons de vers à soie. Il leur serait même possible, avec un fumigant approprié, de procéder non seulement à la désinsectisation, mais à la désinfection (vêtements, chiffons, livres, etc.).

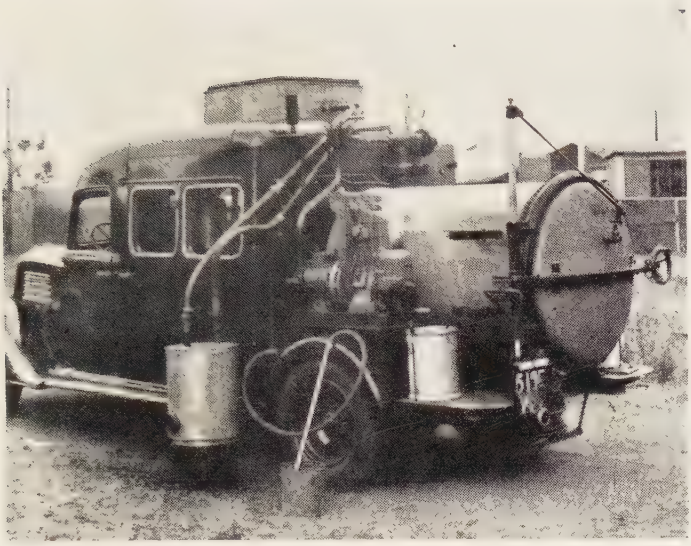


Fig. 45. — Autoclave sur camion automobile de la Station Entomologique d'**Antibes**. Côté gauche. (Cliché Mallet).

Fig. 46. — Le même. Côté droit. (Cliché Mallet).

d'enregistrement des opérations — des bouteilles de butane — une chaudière et son brûleur [37].

Comme le précise **Pussard,** il ne s'agit là cependant que d'un instrument d'expérimentation, dont la faible capacité serait sans intérêt au point de vue de l'économie générale. Il est bien certain que des autoclaves de 5, 10 et même 15 m^3 sont indispensables pour fournir un rendement commercial, capable de supporter, sans trop élever les tarifs du traitement, les frais occasionnés par le salaire du conducteur-opérateur,

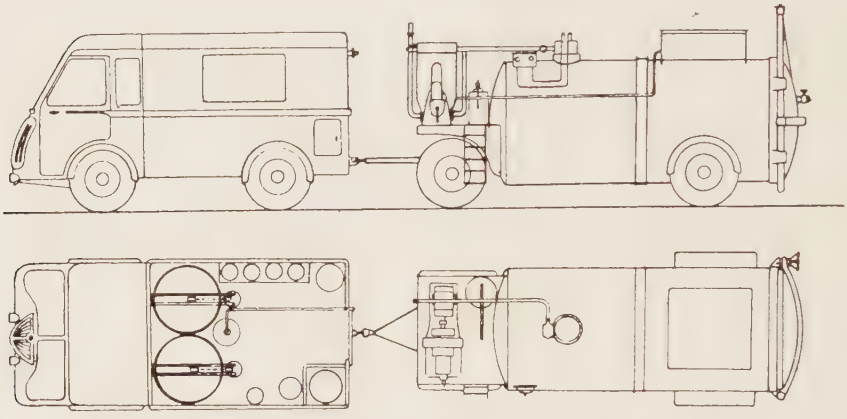


Fig. 47. — Autoclave sur remorque avec camion-laboratoire. (Cliché Mallet).

la consommation en fumigant et en combustibles, ainsi que les dépenses de déplacement, d'entretien et d'amortissement de l'appareillage.

C'est pourquoi les projets en cours envisagent un ou plusieurs autoclaves de grande capacité sur remorque, mûs par un camion tracteur. Les fig. 47 et 48 qui correspondent à cette conception ne diffèrent que par des détails de construction et l'emplacement de la pompe à vide. Celle-ci peut être, soit placée sur la remorque à l'avant de l'autoclave (fig. 47), soit abritée dans la cabine du camion (fig. 48). Sur les deux plans,

(37) Cette chaudière mobile, que l'on sort de la cabine et pose à terre lorsque l'opérateur a besoin d'eau chaude, fonctionne alors comme réservoir inférieur de thermosiphon pour échauffer l'eau du réservoir supérieur placé sur le toit de la cabine. L'eau de ce dernier, déjà tiédie par les gaz d'échappement, peut alors être rapidement portée à une température élevée grâce au brûleur auxiliaire à propane.

la quasi-totalité du matériel annexe se trouve dans la cabine du camion, laissant la remorque à peu près entièrement disponible pour l'autoclave. Rien ne s'oppose à ce que le volume d'autoclave ainsi desservi atteigne 15 m^3, un tel cubage permettant par exemple le traitement, en quatre opérations quotidiennes, de 25 à 30 tonnes de céréales.

Une installation à deux remorques est commercialement plus intéressante que celle à une seule remorque, le camion tracteur et le matériel annexe servant alors au deux.

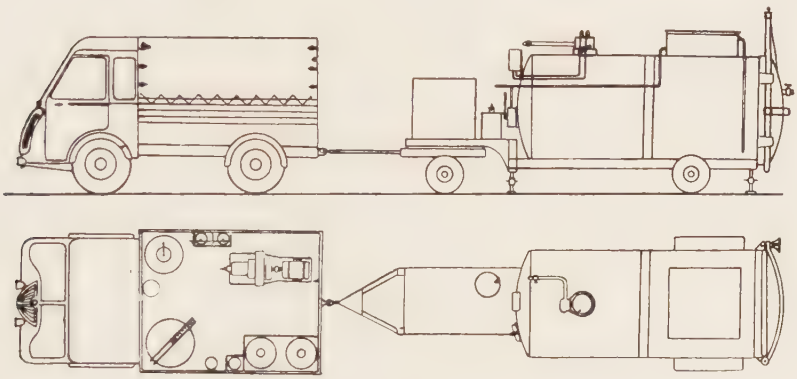


Fig. 48. — Autoclave sur remorque avec camion-laboratoire. (Cliché Mallet).

Le projet représenté par la fig. 49 remplace le camion-laboratoire par un tracteur ordinaire. La première remorque du train porte à la fois la cabine et un autoclave de 10 m^3 ; la suivante (ou les suivantes) comporte un autoclave de 15 m^3.

Cette solution présente à notre avis un avantage sérieux, résultant de la séparation nette du matériel de traitement et du matériel de traction. Une immobilisation de ce dernier (panne ou accident) n'empêche pas, en effet, la station de continuer à se déplacer et à fonctionner : un tracteur peut toujours en remplacer un autre. C'est enfin, proportionnellement à son cubage total, le type de beaucoup le moins coûteux.

Les installations sur voie ferrée présentent certainement moins d'intérêt et d'avenir que les installations automobiles.

Il est toutefois utile, dès à présent, d'étudier rapidement comment pourrait être conçu l'appareillage au cas où sa nécessité apparaîtrait de façon certaine.

Ces stations doivent être montées à poste fixe, en raison de leur importance, sur des châssis de wagons [38]. La fig. 50 représente un projet réalisable. Un autoclave de 30 m³, de 2 m. 20 de diamètre, est accolé à la cabine-laboratoire. L'installation, plus spacieuse et plus puissante que les précédentes, présente par contre des inconvénients pratiques sérieux : le rayon d'action est limité aux environs des gares, ou près des

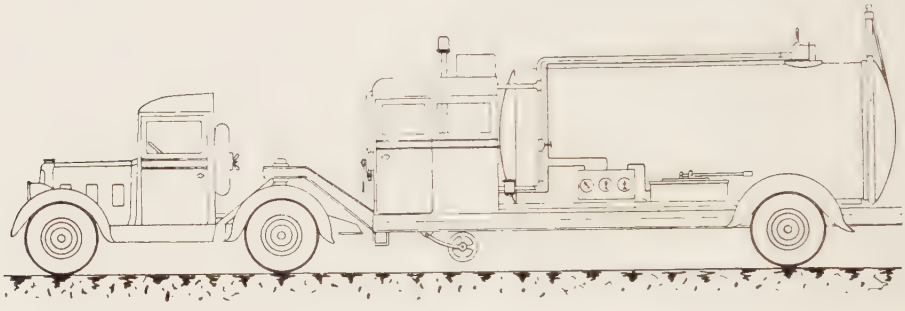


Fig. 49. — Autoclave de 10 m³ et cabine laboratoire sur remorque, avec tracteur. (Cliché Mallet).

établissements disposant de branchements industriels ; même immobilisée sur une voie de garage, la station crée une certaine gêne dans le trafic de la gare si elle doit y séjourner longtemps [39] ; elle oblige les intéressés à transporter leurs marchandises sur place ; le chargement doit se faire sur le ballast même et non sur le côté en raison de l'emplacement de la porte de l'autoclave, à moins que le wagon ne soit placé

(38) On a également pensé à les fixer de façon définitive sur un socle métallique amovible ; chaque installation constitue un monobloc (fig. 51) qui peut être mis en place sur le wagon ou enlevé par grue. Malheureusement l'obligatoire rigidité du socle entraîne une augmentation notable du poids de l'ensemble de l'appareillage.

(39) Remarquer qu'il en est de même pour les fumigations à pression atmosphérique pratiquées à grande échelle, en Amérique, directement dans les wagons considérés comme étanches. Dans le cas général, l'immobilisation du wagon, et par conséquent le bloquage de la voie qui en résulte, sont au minimum de 24 heures.

le long du quai (autoclave et quai peuvent alors être raccordés par une passerelle volante) ; les pertes de temps pour de petits déplacements de la station sont plus considérables qu'avec le matériel routier.

Il est, en définitive, à prévoir que ces incommodités s'opposeront toujours à l'extension de ce type de matériel.

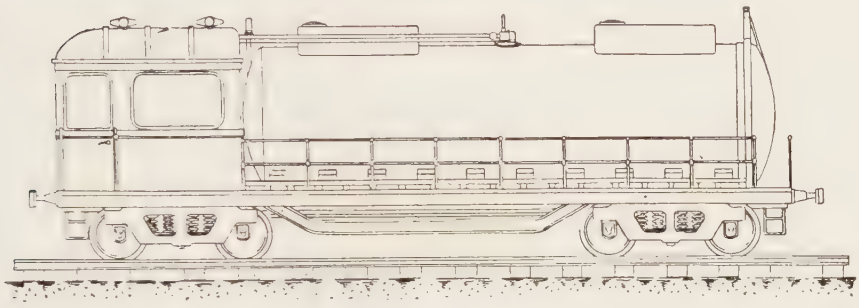


Fig. 50. — Autoclave de 30 m³ sur châssis de wagon. (Cliché Mallet).

Stations monobloc transportables

L'utilisation de stations de ce type n'en est encore qu'à son début. Par ailleurs, elles ne répondent qu'à des besoins très spéciaux et à des conditions qui ne sont pas fréquemment rencontrées. La figure 51 montre comment, sur un même et solide châssis, sont montés à la fois un petit autoclave et les appareils annexes, ces derniers réunis sous un minimum d'encombrement dans une cabine ad hoc.

Cette disposition bénéficie de certains avantages dont le principal est évidemment la transportabilité sur camion ou wagon. En outre, le prix de revient se trouve sensiblement abaissé par le montage en usine, ce qui évite les coûteux déplacements des spécialistes. Bien entendu, les appareils ne peuvent guère, en pratique, dépasser une capacité de trois ou quatre mètres cubes.

Les stations monobloc transportables présentent un intérêt certain. On ne peut leur prédire une extension rapide et considérable, mais il faut s'attendre à les voir, d'ici quelques années,

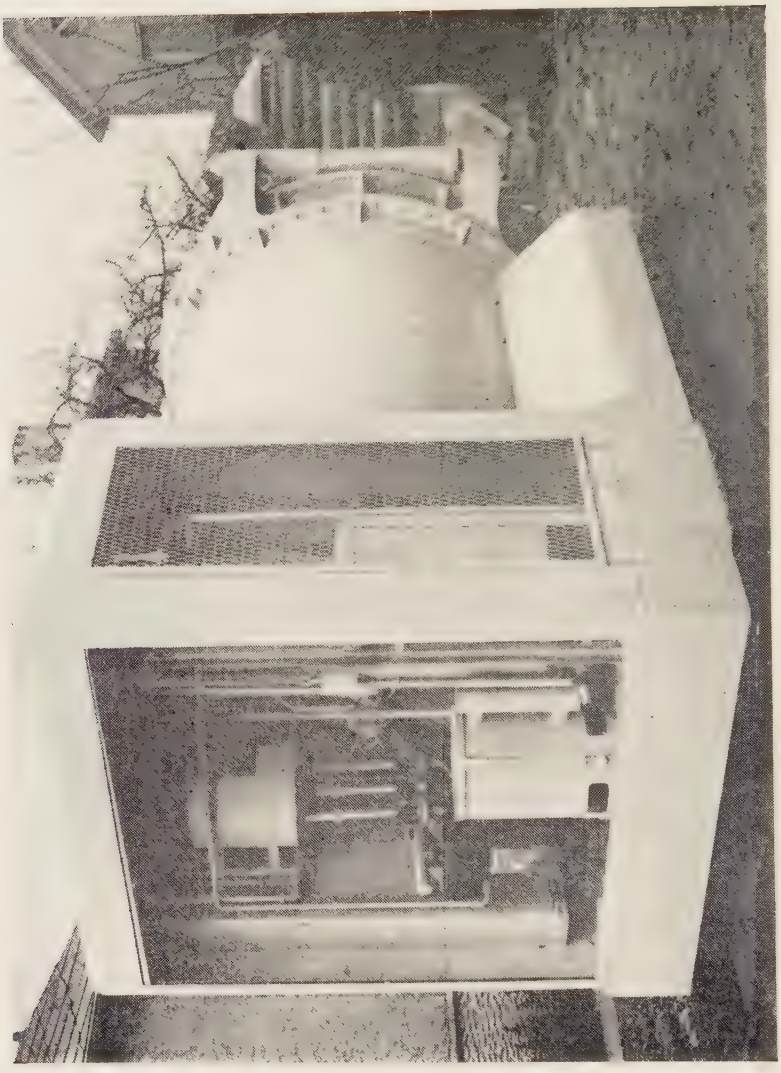


Fig. 51. — Station monobloc transportable. Autoclave de 5 m³, diamètre : 1 m. 75. Vue de la cabine arrière.

se multiplier assez pour rendre des services appréciés aux industries technologiques ou aux commerces d'importance moyenne.

Les caractéristiques de leur matériel ne diffèrent nullement de celles précédemment étudiées.

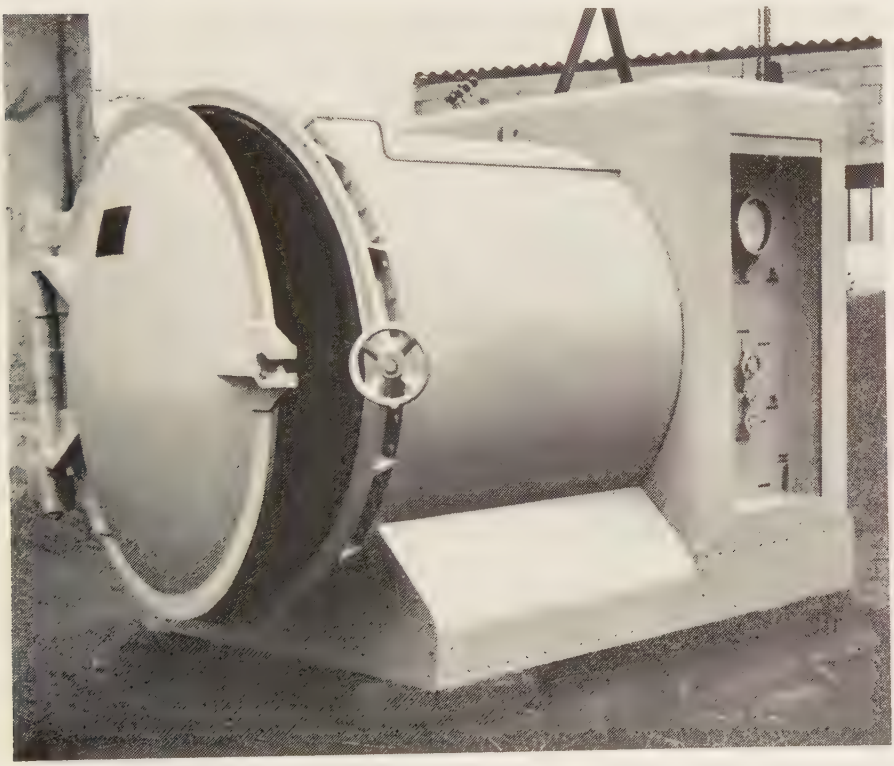


Fig. 52. — Station monobloc transportable. Autoclave de 5 m^3 Diamètre : 1 m. 75. Vue du tableau des commandes

Stations Expérimentales ou Stations-Pilotes

Celles-ci constituent aujourd'hui le complément indispensable des grandes stations à rendement commercial ou phytosanitaire.

Toute expérimentation rationnelle et suivie est, en effet, rendue pratiquement impossible dans celles-ci mêmes pour plusieurs raisons : le rendement intensif à atteindre ne permet pas aux opérateurs de distraire de leur temps les longues périodes nécessaires à des recherches ou mises au point sérieuses [40] ; le volume relativement important des plus petits autoclaves commerciaux occasionne une dépense de fumigant disproportionnée avec l'importance des lots expérimentaux à traiter ; ces derniers n'occupent dans l'appareil qu'une fraction insignifiante du volume, si bien que l'infuence du facteur taux de chargement est faussée ; le matériel d'élevage des insectes témoins, de contrôle des expériences et de vérification des résultats n'y a guère sa place : il est trop divers, abondant et fragile.

La station pilote de l'Insectarium d'Alger est probablement une des plus complètes qui soient au monde (fig. 53). Elle est installée dans un sous-sol rendu aussi isotherme que possible pour qu'on y puisse maintenir une température variant de moins de 2/10e de degré centigrade pendant les deux jours que peut parfois durer un essai d'intoxication. Un dispositif thermostatique permet d'y amener la température au degré choisi.

Il est bien impossible de donner ici la description complète de cette station pilote où les recherches les plus diverses dans le cadre de la question sont possibles. Elle mesure environ 10 mètres de long sur 6 de large et 2 m. 10 de hauteur.

(40) Notre regretté collègue et ami **Mackie** reconnaît catégoriquement les difficultés de ces recherches (43) : « In fact, there are few who have not worked in this field who can appreciate the many obstacles met with. From my own personal experience, i can say that had it been possible to predict beforehand some of the things which have actually happened much of this work would never have been undertaken ».

Aérée par compression, elle comporte une sorbonne où l'acide cyanhydrique, la chloropicrine, etc., peuvent être manipulés liquides à la température ambiante, sans masque, dans un courant d'air. Les coupures de gaz, ainsi que celles d'électricité, sont triples : une près de l'appareil en service, une seconde loin des paillasses de travail, une troisième hors du bâtiment, à trente mètres plus loin. Un petit atelier contigu permet de travailler le bois, le fer, le verre, et de réaliser des montages d'électricité.

Les recherches y sont conduites tout d'abord à l'échelle du laboratoire. Elles comportent entre autres :

— Etablissement des courbes isotoxiques in vitro pour chaque fumigant et les principaux insectes nuisibles en fonction du stade de l'insecte, de sa maturité, de la température, de l'humidité ;
— Etude de l'influence des fumigants sur les fruits frais et les végétaux vivants, sur la faculté germinative des semences, sur les qualités organoleptiques des marchandises ;
— Etude de la sorption des fumigants par les marchandises et de l'influence de la teneur des marchandises en eau et en matières grasses sur ce phénomène ;
— Mesure des espaces intergranulaires des marchandises ;
— Etude de la valeur antiseptique de certains fumigants ;
— Etude des avertisseurs et réactifs utilisables pour accroître la sécurité dans les stations ;
— Choix, vérification et régénération des charbons des masques à gaz des opérateurs des grandes stations ;
— Vérification de la toxicité des fumigants sur les animaux supérieurs, par intoxication de petits mammifères ; études anatomo-pathologiques consécutives faites par la Faculté de Médecine d'Alger ;
— Imprégnation profonde des corps par des liquides sous l'influence d'un vide préalable ;
— Appréciation des qualités des toiles employées pour la fumigation cyanhydrique des arbres.

Les recherches de laboratoire terminées, le matériel permet de reproduire exactement les traitements que doivent effectuer à l'échelle industrielle les grandes stations. Aussi

Fig. 53. — Schéma développé de la Station-Pilote de l'Insectarium d'Alger.

1 : Autoclave de 1 m^3. — **2** : Ventilateur pour brassage des fumigants ininflammables. — **3** : Pompe hydraulique pour gonflage du joint. — **4** : Prise d'eau sous pression pour épreuve d'appareils. — **5** : Prise d'air pour rinçages de l'autoclave. — **6** : Dôme de sécurité. — **7** : Filtre électrostatique. — **8** : Thermomètre. — **9** : Enregistreurs de vide et de température. — **10** : Filtre d'air-mélangeur. — **11** : Manomètre métallique. — **12** : Manomètre à mercure de l'autoclave. — **13** : Baromètre à mercure. — **14** : Thermomètre. — **15** : Pompe à vide. — **16** : Filtre à air. — **17** : Tuyauterie de l'eau de réfrigération. — **18** : Clapet de retenue. — **19** : Purge. — **20** : Diaphragme d'étranglement de l'aspiration. — **21** : Collecteur. — **22** : Purgeur. — **23** : Robinets doseurs à vernier. — **24** : Commande du gazomètre à fumigant **51**. — **25** : Commande du gazomètre à fumigant **46**. — **26** : Commande du gazomètre d'anhydride carbonique. — **27** : Prise d'air réglable. — **28** : Prise d'air à grand débit, non réglable. — **29** : Appareil de mesure de la perméabilité des bâches à fumigation cyanhydrique des arbres. — **30** : Introduction des mélanges de fumigant dans l'autoclave. — **31** : Vidange des gazomètres par pompe à vide. — **32** : Tuyauterie de vide de l'autoclave. — **33** : Tuyauterie de vide au collecteur circulaire. — **34** : Refoulement vers l'extérieur. — **35** : Refoulement dans l'autoclave (brassage des gaz inflammables). — **36** : Pompe de circulation des collecteurs circulaires. — **37** : Purge. — **38** : Collecteur d'aspiration circulaire. — **39** : Collecteur circulaire des gaz de l'autoclave (compensation). — **40** : Prise d'air sec (ou à humidité réglée). — **41** : Prise d'air dans l'ambiance. — **42** : Gazomètre de CO^2. — **43** : Bouteilles de CO^2. — **44** : Purge de l'eau de garde. — **45** : Purge de tuyauterie. — **46** : Gazomètre de fumigant B. — **47** : Thermomètre de la glycérine de garde. — **48** : Chauffage de la glycérine de garde. — **49** : Vidange de la glycérine de garde. — **50** : Purge de tuyauterie. — **51** : Gazomètre de fumigant A. — **52** : Vidange de la glycérine de garde. — **53** : Manomètres à eau des gazomètres. — **54** : Générateur d'acide cyanhydrique ou vaporiseur de fumigants à faible tension de vapeur. — **55** : Générateur de fumigants à haute tension de vapeur. — **56** : Vaporiseur pour fumigants solides (paradichlorobenzène, etc.). — **57** : Traitement d'insectes in vitro. — **58** : Traitement de marchandises in vitro. — **59** : Manomètre des deux appareils précédents. — **60** : Traitement de marchandises par circulation dans la masse. — **61** : Cage d'intoxication pour petits mammifères et oiseaux. — **62** : Clarinette pour mesure expérimentale de la pénétration des fumigants (avec schéma d'un des tubes latéraux qui reçoivent les insectes témoins). — **63** : Poêle à gaz avec vanne thermostatique (chauffage de l'ambiance à une température donnée). — **64** : Connection éventuelle avec la pompe à vide poussé ou les trompes à eau. — **65** : Prises de vide et de gaz pour installation éventuelle d'appareils supplémentaires.

Fig. 53. — Schéma développé de la Station-Pilote de l'Insectarium d'**Alger**

cette seconde catégorie de recherches comporte-t-elle principalement la vérification d'efficacité des nouveaux traitements envisagés, dans des emballages normaux et dans les conditions de la pratique courante, la transposition des principes dégagés sous forme de consignes précises à transmettre aux grandes stations et, enfin, l'étude des plans, puis des maquettes de nouveaux appareils dont l'usage peut apporter une simplification ou une amélioration.

Pour parvenir à cette double série de résultats, de laboratoire d'abord, pratiques ensuite, la station pilote comporte essentiellement : un petit autoclave à une porte, de capacité légèrement supérieure à un mètre cube, et muni intérieurement d'un ventilateur brasseur d'air (amovible) ; trois gazomètres de 50 litres de types différents ; divers générateurs et vaporiseurs ; une pompe à vide principale à un étage.

Grâce à une pompe de reprise, on peut introduire ou faire circuler dans divers récipients, placés sur des paillasses murales autour du matériel principal, les mélanges gazeux réalisés dans l'autoclave avec des pourcentages d'erreur négligeables. On remarque à ce sujet, l'analogie de principe qui existe entre ce montage et celui réalisé par **Page** et **Lubatti** (32).

Des trompes à eau, une pompe à vide poussé, des baromètres de divers types, thermomètres et hygromètres, deux étuves, toute la verrerie nécessaire enfin, complètent le matériel des recherches de laboratoire.

Le schéma développé de la figure 53 indique les principaux dispositifs et circuits de tuyauteries ; ajoutons que ces derniers desservent, tout autour du laboratoire, les paillasses circulaires déjà mentionnées dont la longueur totale est environ de 20 mètres, ce qui permet le fonctionnement simultané de divers appareils. Cette grande longueur de paillasses a en outre le gros avantage d'éviter les fastidieux démontages et remontages des nombreux petits appareils expérimentaux. manipulations et pertes de temps que provoque trop souvent le manque de place.

CHAPITRE III

AMÉNAGEMENT GÉNÉRAL DES STATIONS FIXES

Principes généraux

Les stations fixes occupent, le plus souvent, des bâtiments de vaste surface ; celle-ci est nécessitée par le volume des appareils, voies et wagonnets de service et, surtout, par l'encombrement des importantes quantités de marchandises qui s'y trouvent entreposées avant, puis après traitement.

En ce qui concerne leur emplacement, aucune règle ne peut être édictée. Il dépend en effet uniquement des nécessités et des contingences régionales et locales. On est amené, en général, à choisir des centres relativement importants, bien équipés au point de vue industriel et commercial, constituant un nœud de communications ou un port d'embarquement (1).

Quant à l'implantation des bâtiments, elle doit être déterminée de façon assez judicieuse pour permettre les agrandissements ultérieurs sur une face, l'expérience ayant maintes fois prouvé que **mieux vaut une station puissante, parfaitement équipée en personnel et en outillage, qu'une quantité de petites stations** à moyens réduits, de création et d'entretien beaucoup plus coûteux au total et ne travaillant, en fait, que d'une façon saisonnière.

(1) Il est malheureusement des cas d'exception obligatoire. Ainsi, dans les régions fruitières grosses productrices pour l'exportation, contaminées par le Pou de San José, on devra installer autant de stations de désinsectisation qu'il existera de stations de préréfrigération : **il faudra fumiger avant de refroidir.**

On ne peut en effet, ni désinsectiser sûrement des fruits à 4 ou 6°, ni rompre la chaîne du froid pour assurer la correction du traitement insecticide.

Fig. 54. — Batterie d'autoclaves de 1 m. 40 de diamètre. (Manufacture de Tabacs Mélia, **Alger**).

La puissance, c'est-à-dire le cubage d'autoclaves, à donner à une station est évidemment fonction du tonnage de marchandises qu'elle doit être capable de traiter en vingt-quatre heures pendant les périodes les plus actives.

Le premier point à fixer est de savoir si la station fonctionnera seulement huit heures par jour ou si l'on y installera deux équipes se relayant.

Dans le premier cas, la station procédera, en pratique, à quatre opérations, dont une de nuit et, dans le second, à sept (ou huit selon l'organisation du relais des équipes). On doit se contenter le plus souvent, pour des raisons de commodité du personnel, d'un travail de 8 heures par jour.

En ce cas, connaissant le tonnage maximum augmenté d'une marge de sécurité, apporté quotidiennement à la station, son cubage total se fixe ainsi.

Soit un tonnage de 230 tonnes de fruits secs. Comme nous l'avons vu dans l'étude du matériel (autoclaves), 300 à 370 kgs de marchandises (poids brut) peuvent être logés sur wagonnets dans un mètre cube d'autoclave cylindrique selon le diamètre de ce dernier (1 m. 75 ou 2 m. 20) et selon le type d'emballage (qui laisse subsister plus ou moins d'espaces vides entre les colis). Si le diamètre choisi est 2 m. 20 et si les colis sont tous parallélipipédiques et semblables, la charge par mètre cube sera facilement de 370 kgs. Les 230 tonnes représenteront donc un volume d'encombrement total de 230.000/370 = 620 m^3 environ qui, répartis en quatre opérations journalières, exigeront un cubage d'autoclaves voisin de 155 m^3.

Restent à choisir les capacités des appareils. Il est rare qu'une station doive travailler sans arrêt à plein régime ; il existe au contraire des « creux », des arrêts d'alimentation. Si l'on disposait seulement de trois autoclaves de 50 m^3, l'un d'eux se trouverait souvent, à moins de retarder le départ des marchandises jusqu'à l'arrivée d'un nouveau lot, incomplètement rempli, ce qui représente une perte de fumigant injustifiée. Il faut donc, au contraire, dans la plupart des cas sinon toujours, choisir les cubages d'autoclaves selon le système si pratique de la « boîte à poids ». Dans l'exemple que nous avons choisi, les 155 m^3 d'autoclaves seraient répartis de la

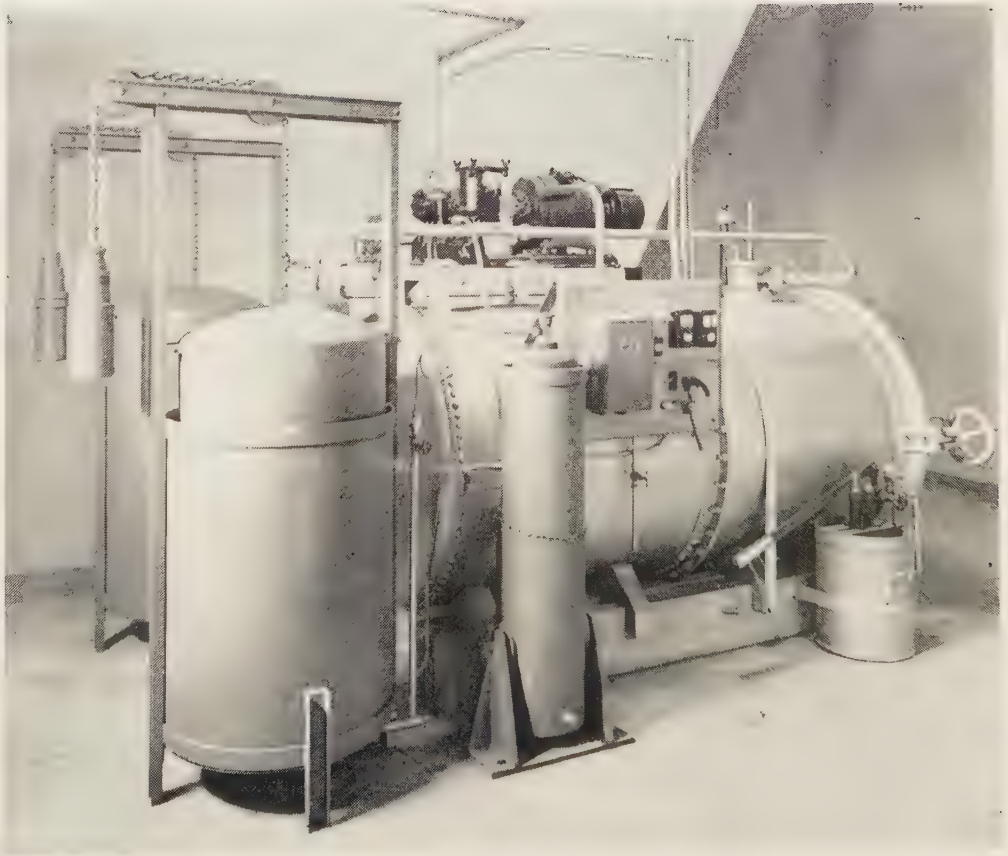


Fig. 55. — Appareillage de vaporisation, stockage et dosage des fumigants d'un autoclave de 2 m³.

Muséum National d'Histoire Naturelle de **Paris** (Section Phanérogamie).

Fig. 56 — Installation avec autoclave de 4 m³. (Manufacture de Tabacs Mignot et De Block, **Djoejakarta, Java**).

façon suivante : 70, 50, 20, 10, 4 et 2 m³ (2). Ce système entraîne certes des frais de premier établissement plus élevés, mais il facilite tant le travail et permet de telles économies dans l'exploitation que la dépense supplémentaire est vite compensée.

Il peut arriver que la puissance à donner à une station conduise à donner à celle-ci une surface totale si considérable que l'on ne peut trouver le terrain correspondant. Il faut alors avoir recours, malgré ses nombreux et graves inconvénients, au type à étages, qui double la superficie disponible. Cette disposition est étudiée plus loin.

L'expérience acquise depuis déjà trente ans en Amérique, vingt en France et en Afrique du Nord, a permis de réaliser peu à peu des perfectionnements qui ont amené à un haut point les commodités des stations de **DVP**, leurs facilités d'exploitation et la capacité de leur rendement. On a pu, chaque année, dégager et mieux préciser les multiples conditions à rechercher dans l'aménagement général pour s'assurer ces avantages.

Les installations fixes seront toujours beaucoup plus importantes que les mobiles. Ce sont donc elles que nous étudierons plus spécialement en prenant comme type les stations publiques, généralement les plus complètes. Ces stations publiques ont en effet à traiter les marchandises les plus diverses et doivent comporter des locaux administratifs annexes, comme un bureau pour le chef de station. Les stations privées au contraire, sont en général de bien moindre importance au point de vue locaux, cubage, matériel, personnel. Avec de bonnes précautions, les risques de réinfestation des colis traités s'y trouvent souvent très réduits et il en résulte que plusieurs des mesures passées en revue ci-après deviennent fréquemment inutiles (cloison séparant les halls, bureaux, atelier, en particulier). Enfin, un seul fumigant étant à rete-

(2) Un autoclave de 2 m³ ne peut évidemment recevoir de wagonnet et, en outre, est toujours de petit diamètre, 1 m. 40 en général. Cet autoclave que l'on charge en vrac est fort utile pour les « queues de chargement » et permet de plus de petites expérimentations ou vérifications.

Fig. 57. — Station de Désinsectisation de **Bougie** [illegible] de l'Algérie). (Autoclaves de 25 10, 2,5 et 50 m³).

nir puisqu'on a toujours à traiter la même marchandise, le matériel se trouve simplifié dans des proportions notables.

Il convient tout d'abord de souligner que, dans les stations de **DVP,** la question de la sécurité du personnel passe en premier lieu. C'est pourquoi les installations doivent être réalisées, ou tout au moins conçues, par un entrepreneur général ; la responsabilité de celui-ci correspond à la nécessité absolue de prévoir et d'exécuter ou faire exécuter dans tous leurs détails les installations, bâtiments compris, en fonction des règlements en vigueur (3) et des exigences de la sécurité. Et ces nombreuses exigences ne peuvent être toutes connues d'un architecte ordinaire, cette ignorance étant d'ailleurs parfaitement compréhensible, en raison du caractère très spécial des conditions dans lesquelles s'exerce l'industrie de la désinsectisation. Mais il serait ridicule et dangereux de disposer et d'aménager des locaux suivant les normes habituelles et d'imposer au constructeur du matériel de **DVP,** comme il arrive trop souvent, l'obligation de s'accommoder après coup de dispositions défectueuses de ventilation, de stockage, de répartition des locaux, etc., prises sans lui demander son avis. Quand ce cas regrettable se présente, un entrepreneur sérieux ne doit pas hésiter, en face de conditions qu'il estime dangereuses, à refuser une commande avantageuse ; il évite ainsi une propagande négative, fort nuisible à l'avenir de la méthode et même à ses propres intérêts.

Le problème de la manutention des marchandises est, après celui de la sécurité du personnel, le plus important. Aussi doit-on tenir compte, tout d'abord, du fait que les marchandises sont apportées à une station sur des véhicules, wagon ou camion, dont le plateau est en général à un mètre au-dessus du sol. On établira donc à cette hauteur, sur les façades et côtés affectés à cet usage, les quais d'arrivée et de départ. La nécessité de respecter le plain-pied entre les quais et les locaux obligera à construire toute la station en remblai. Le coût de la construction en sera augmenté, mais son gros avantage pratique reconnu par tous les techniciens de la manuten-

(3) Voir à ce sujet le décret n° 48-1895 et l'arrêté consécutif du 10 décembre 1948 (« Journal Officiel de la République française » du 15 décembre 1948).

Fig. 58. — Autoclave de 1 m. 75 de diamètre (Etablissements Riff à **Valenciennes**).
La collerette de la porte fait seule saillie dans le hall de déchargement.

tion (gares de marchandises des chemin de fer, etc.), doit faire adopter sans hésiter ce type d'installation.

La disposition et l'aménagement d'une nouvelle station constituent toujours un problème nouveau. Les réalisations varient en effet dans leur détail, en fonction de l'emplacement et des autres contingences locales, pour que soient finalement remplies les conditions obligatoires de sécurité pour le personnel, de commodité pour les manipulations, d'hygiène pour les marchandises.

Le premier but d'une bonne disposition générale est d'empêcher la recontamination des lots déjà traités, dans la station même, par des insectes sortant des marchandises en instance de traitement. Les vers des fruits secs, les charançons, etc., abandonnent volontiers, quand ils se trouvent dérangés ou secoués, les caisses et les sacs qui les avaient abrités jusque là, pour en élire d'autres comme domicile. Par la rapidité de leur marche et leur nombre, ils constituent un élément de réinfestation redoutable, d'autant plus que, très polyphages, ils n'hésitent pas à pénétrer dans des marchandises d'autre nature.

On remédie à ce danger par la construction d'une cloison séparant la station en deux halls nettement distincts, allant jusqu'au plafond, et qui chevauche les viroles des tanks. Un hall est réservé aux marchandises contaminées, l'autre aux marchandises traitées. C'est pourquoi chaque autoclave est muni de deux portes qui, par un souci de sécurité supplémentaire, sont rendues interdépendantes par un dispositif interdisant leur ouverture simultanée. Un chargement d'autoclave, une fois traité, n'est donc entreposé que dans le hall de déchargement, en compagnie de marchandises désinsectisées avant ou après lui ; il n'y risque rien [4].

(4) Il n'en est pas de même, hélas ! dès la sortie de la station. Combien de fois peut-on voir la marchandise traitée repartir sur les mêmes wagons ou camions qui l'ont apportée, sans même qu'on ait donné un coup de balai aux vers ou aux charançons qui déambulent sur le plateau. On la voit de même descendre dans des cales où sont entreposés à côté d'elle (quand ce n'est pas au-dessus ou au-dessous) des caisses ou des sacs tout grouillants d'insectes. Il serait, certes, des plus utiles, mais nous n'en sommes malheureusement pas encore là, d'instituer, pour la circulation commerciale des denrées susceptibles de recontamination, de véritables « chaînes de désinsectisation », comme on crée aujourd'hui des « chaînes de froid » pour s'opposer à la décongélation des denrées congelées, dans

A : Atelier. — B : Bureaux. — C : Poste de commande. — D : Salle des pompes. — E : Salle des générateurs. — F : Dépôts de fumigants. — G : Voies des lorrys transbordeurs transversaux. — H : Voies de service des wagonnets. — H' : Voies de garage des wagonnets. — I : Hall de chargement. — J : Hall de déchargement. — K : Monorail. — L : Voie ferrée amenant les wagons. — M : Quai d'arrivée pour camions. — M' : Quai de départ pour camions. — N : Voie de bouclage (retour des wagonnets). — O : Emplacements réservés pour deux autoclaves à installer ultérieurement.

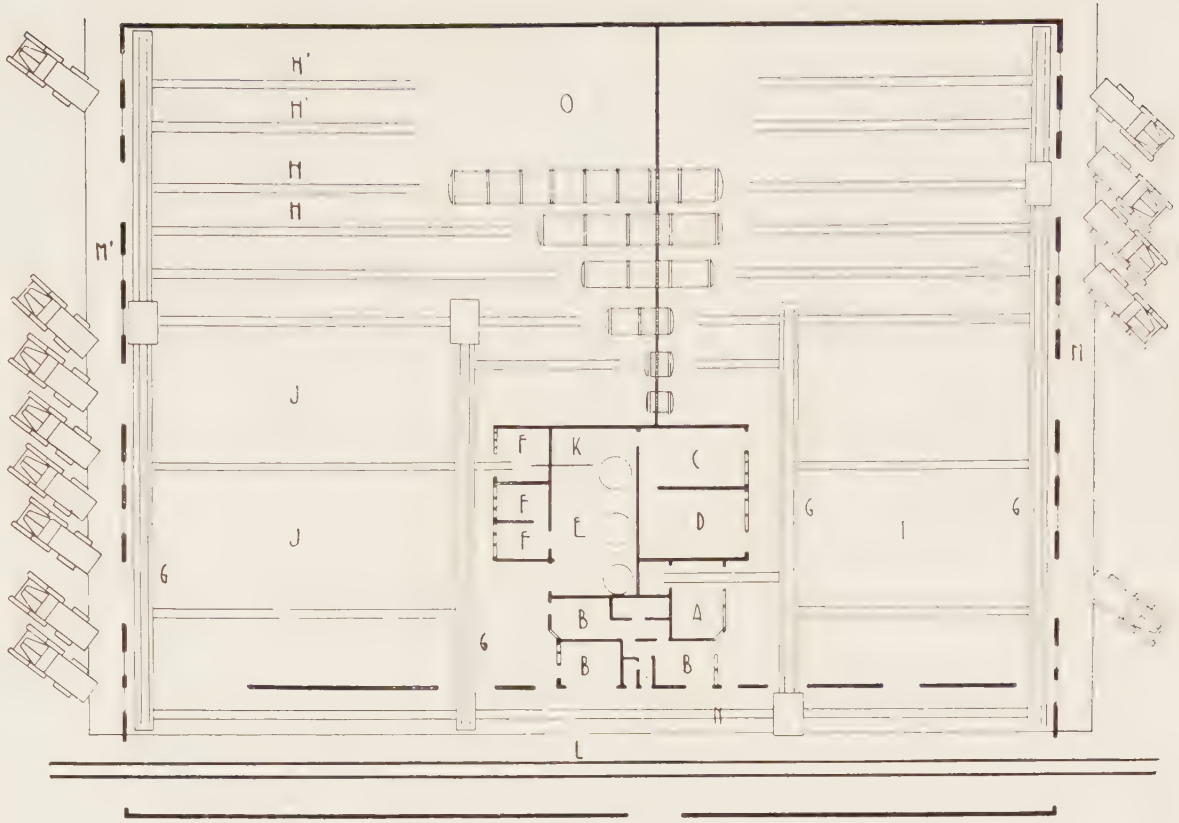


Fig. 59. — Nouvelle station d'**Alger** (1948). Equipement : Tanks de 68, 48, 22, 11, 4 et 3 m³.

Aucune porte n'est ménagée dans la cloison médiane : il serait pratiquement impossible de la rendre étanche aux insectes et elle resterait, en outre, fréquemment ouverte par suite de négligences à peu près inévitables. Et la migration d'un insecte en vol dans le violent courant d'air que peut provoquer l'ouverture, même très brève, d'une telle porte, constitue un risque dont il faut tenir compte.

Pour assurer la liaison entre les deux halls, chacun est muni d'un avertisseur sonore destiné à appeler l'attention dans l'autre et à transmettre, le cas échéant, des instructions par signaux conventionnels. L'installation de hauts-parleurs est plus commode encore. En outre, des châssis vitrés encastrés dans la cloison médiane entre les autoclaves permettent de contrôler visuellement d'un hall les manipulations effectuées dans l'autre.

Le tracé général des voies réalise le sens unique. A l'intérieur du bâtiment, les wagonnets vont du hall de chargement (arrivée des marchandises) au hall de déchargement en passant obligatoirement par les autoclaves. Leur retour se fait par une voie de bouclage placée à l'extérieur de la station proprement dite, par exemple sur les quais entre le bâtiment et la route ou la voie ferrée. Cette disposition facilite beaucoup les transbordements des camions et wagons aux wagonnets et vice versa.

La voie de bouclage peut également être abritée dans le bâtiment. Elle passe alors par une sorte de vestibule séparé des halls par une cloison. Selon la largeur de ce couloir, la disposition des lieux et le mouvement des marchandises, le vestibule sert au chargement, déchargement des wagons sur wagonnets et vice versa (nouvelle station d'Alger, fig. 59) ou constitue un magasin de stockage supplémentaire pour les marchandises non traitées ou traitées (station de Philippeville, fig. 60).

Le problème des voies ferrées revêt dans les stations une très grande importance pratique.

---

leur transport de frigorique à frigorifique. Les denrées sortant des autoclaves seraient entreposées dans des magasins désinsectisés, de là dans des cales soumises périodiquement à la désinsectisation, dans des wagons également indemnes d'insectes, etc... On décèle déjà, dans certains pays, des rudiments d'organisation dans ce sens.

Le meilleur profil de rails est celui à ornière.

On est presque toujours amené à éliminer les voies courbes dont le principe est cependant si tentant. A moins en effet qu'on ne puisse donner à celles-ci un grand rayon, le plus

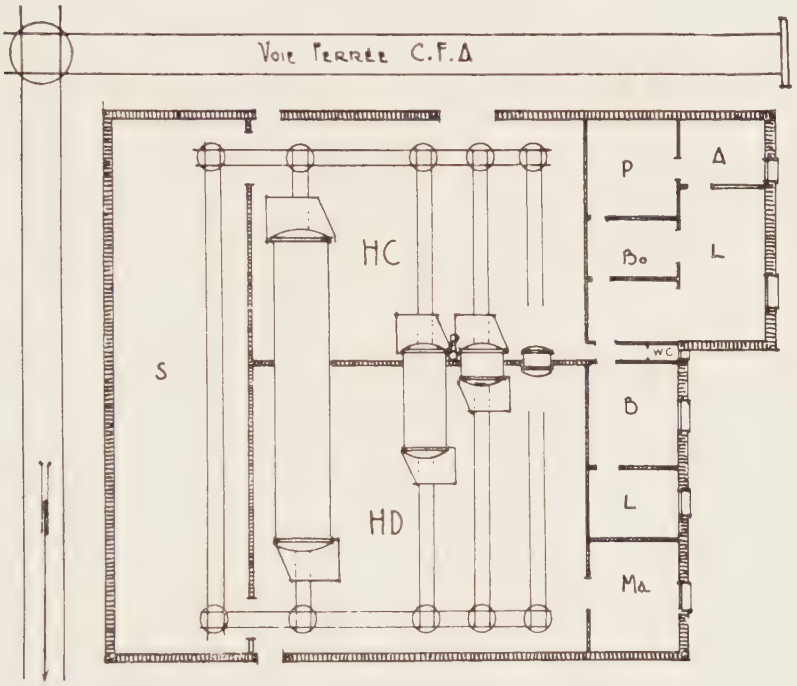


Fig. 60. — Station de **Philippeville**. Equipement : Tanks de 48, 11, 5 et 3 m³.

A : Atelier. — B : Bureau. — Bo : Dépôt de fumigants. — HC : Hall de chargement. — HD : Hall de déchargement. — L : Laboratoire. — Ma : Réserve de matériel. — P : Salle des pompes. — S : Vestibule servant au stockage et au retour des wagonnets.

souvent incompatible avec les dimensions des stations, à moins encore que l'on ne monte les wagonnets sur boggies malgré le prix prohibitif et l'augmentation de la hauteur de la plate-forme que cette solution entraîne inévitablement, elles provoquent un coincement et un ripage des roues, surtout lorsque celles-ci sont solidaires de l'essieu. La manutention devient pénible et les manœuvres en souffrent, tant dans leur rapidité que dans leur précision.

Les changements de direction se font le plus souvent, jusqu'à présent, par plaques tournantes, bien que cette solution ne soit pas sans présenter des inconvénients que nous avons déjà en partie signalés. Ceux-ci apparaissent surtout quand on assure un travail intensif, pendant les périodes de presse que constituent les campagnes d'expédition des marchandises principales. Le passage de chaque wagonnet sur une plaque tournante, opération qui comporte l'amenée et la mise en place, la rotation de la plaque chargée, puis la sortie du wagonnet, doit en effet être répété pour chaque wagonnet du train constituant le chargement d'un autoclave, et pour autant de plaques qu'en comporte l'itinéraire à parcourir par ce train. Il en résulte souvent une perte de temps appréciable, sans faire état de la main-d'œuvre supplémentaire qui devient nécessaire.

Cet inconvénient ne peut être réduit qu'en choisissant avec soin le meilleur type de plaques tournantes. Celles-ci, montées sur billes, doivent tourner aisément. Leur diamètre, si possible égal à la plus grande dimension d'un plateau de wagonnet, est tel que, malgré leur chargement qui déborde plus ou moins, il reste aisé d'atteindre le cliquet de fixation. Pratiquement, le diamètre de 1 m. 10 suffit. Leur nombre est en outre réduit au minimum, même si la réalisation de cette condition doit entraîner un allongement assez considérable des voies.

La solution d'avenir est certainement celle du lorry, dont nous avons déjà parlé au chapitre II.

Toute station, même la moins puissante, doit comporter un atelier, d'importance en rapport avec celle de l'exploitation. L'atelier rend les plus grands services en permettant de remédier sans perte de temps à des incidents matériels, et les frais de son équipement sont amortis en peu de mois par les économies qu'il fait réaliser sur l'entretien et les réparations.

Le problème de la protection contre le vol ne doit pas être négligé, des stations un peu importantes abritant couramment, lors des campagnes principales, 500 ou 1.000 tonnes de marchandises. Toutes les baies des locaux doivent donc se trouver protégées par de solides barreaux ou grillages et les portes recevoir de bonnes serrures. Le vol par le toit est impossible s'il est constitué par une terrasse de béton, mais, s'il est sim-

plement couvert de tuiles, il sera prudent de monter celles-ci sur double litelage ; le vol sera rendu plus difficile. Enfin, la présence à proximité des lieux (mais non dans le bâtiment même) d'un gardien de nuit ou du chef de station (celui-ci ayant son logement au-dessus ou à côté de la station) constitue une garantie appréciable.

De jour, ce problème de sécurité est très compliqué par le fait de l'intense va-et-vient des marchandises ; si les bureaux ne donnent que sur un hall (de chargement en général), l'autre hall doit être mis sous le contrôle d'un pointeur.

Stations en rez-de-chaussée

A part des cas tout à fait exceptionnels, c'est cette disposition qui doit régulièrement être adoptée car elle a l'avantage de permettre au personnel de se rendre en quelques pas, sans fatigue, à tout instant, des autoclaves aux pièces annexes: laboratoire, bureaux, etc... On la réalisera chaque fois que la surface de terrain disponible correspondra, selon les données ci-après exposées, au cubage d'autoclaves que l'on envisage d'y installer.

HALLS

La surface totale des deux halls de stockage, emplacement des autoclaves et des voies compris, doit être déterminée sur la base de 13 à 15 m^2 par mètre cube d'autoclave en service (5).

(5) Ces bases résultent de l'expérience seule. Les surfaces auxquelles conduit leur application ne sont nullement exagérées ; elles sont seulement suffisantes, dans les périodes de presse, pour un stockage de 24 heures des marchandises. Cette capacité évite les à-coups dans l'alimentation des autoclaves et, permettant un travail constant, augmente beaucoup le rendement.

Dans les stations qui, par exception, n'ont jamais à assurer le stockage, une surface de 7 à 8 mètres carrés suffit. C'était le cas de l'ancienne station de Marseille, aujourd'hui sinistrée, qui comportait 595 mètres carrés (35 m. × 17 m.) pour 80 mètres cubes d'autoclaves.

Par surface libre totale, on entend la surface totale des halls diminuée de l'encombrement des autoclaves et des voies. Pour calculer l'encombrement de ces dernières, il ne faut pas considérer seulement leur largeur

Les surfaces des halls ne sont pas égales. La cloison médiane et les autoclaves sont disposés de telle sorte que la surface du hall des produits traités représente environ les 3/5 de la surface libre totale, compte tenu de l'encombrement des voies et autoclaves.

Ce serait une grave erreur, allant à l'encontre du but à atteindre, que de réduire les dimensions afin de réaliser des économies. Une notable surface est, en effet, déjà occupée par les autoclaves. On doit encore déduire l'encombrement des voies et, le cas échéant, des installations de réchauffage lorsque celles-ci comportent la spécialisation, pour cette tâche, d'une partie des halls disponibles. La surface ainsi perdue est fort importante. Les wagonnets, en particulier, sont nombreux, chaque autoclave devant en posséder au minimum trois jeux et, si possible, quatre. Ainsi une station à six autoclaves de 3, 4, 11, 22, 48 et 70 m^3, chacun comportant un jeu en place et trois sur les voies, voit-elle sa surface de halls de 2.250 m^2 (6) diminuée de :

350 m^2 par l'encombrement des 90 wagonnets de rechange;
250 m^2 par l'encombrement des autoclaves ;
500 m^2 par l'encombrement des voies de manutention et de garage, ainsi que par les passages à réserver pour la main-d'œuvre.

Soit une perte de 50 % environ. La surface réservée au stockage proprement dit dans chaque hall est donc réduite, en réalité, à la moitié seulement de la surface théorique.

En outre, et au risque de nous répéter, nous rappellerons une fois encore que, dans les régions où le climat admet des périodes de basses températures plus ou moins prolongées, le réchauffement des marchandises avant traitement s'impose. Le matériel spécial provoque un encombrement supplémentaire non négligeable.

entre rails, mais celle qui peut livrer passage, entre deux massifs de colis, à un wagonnet chargé (1 m. 60 à 2 m.), tout en permettant à un ouvrier de se ranger entre ce wagonnet et un massif (0 m. 60). La largeur d'encombrement des voies varie donc, selon que les autoclaves ont 1 m. 75 ou 2 m. 20 de diamètre, entre 2 m. 20 et 2 m. 60.

(6) $13 \times (3 + 4 + 11 + 22 + 48 + 70) = 2.212$, soit pratiquement 2.250 mètres carrés.

La surface totale étant déterminée, on doit ensuite fixer la longueur intérieure des halls, dans l'axe des autoclaves, d'après la règle suivante : la longueur utile des voies d'attente et de dégagement, après défalcation des portions intéressées par le développement des portes d'autoclaves, est supérieure de deux ou trois mètres au moins à celle du train de wagonnets entrant dans un autoclave ou en sortant. Cette disposition permet l'accumulation sur la voie d'amont du nombre de wagonnets chargés nécessaires pour emplir l'autoclave ; elle réduit donc au minimum le temps mort entre la fin d'une opération et le commencement de la suivante : le train de wagonnets traités étant de même extrait en ligne droite, on peut immédiatement refermer la porte de sortie, ouvrir celle de chargement, recharger par une manœuvre en ligne droite et mettre en train le nouveau traitement, en remettant à plus tard l'évacuation des wagonnets traités.

La largeur minima de la station est fixée en premier lieu par la largeur d'encombrement des autoclaves, celle-ci étant égale à leur diamètre augmenté d'un bon mètre. Ces chiffres sont à considérer soigneusement lors de la construction en ce qui concerne la distance séparant les piliers qui soutiennent la toiture, trop souvent inévitables, ou plutôt leurs axes. Cette distance est de 2 m. 85 pour les tanks de 1 m. 75, de 3 m. 40 pour ceux de 2 m. 20, de 3 m. 70 pour ceux de 2 m. 50.

Le plus souvent, les dimensions des halls ainsi déterminées donnent une surface inférieure à celle reconnue nécessaire pour le stockage et calculée comme dit ci-dessus. On doit alors augmenter l'une ou l'autre des deux dimensions, ou les deux à la fois. L'augmentation de la longueur est rarement à rechercher, surtout si les pièces annexes se trouvent en bout d'un hall ; le bâtiment est déjà de forme suffisamment allongée. Mieux vaut augmenter la largeur.

De larges et hautes portes de dégagement, fort utiles en outre pour la ventilation (du hall de déchargement en particulier), laissent le passage, de front, à un wagonnet et à deux hommes porteurs de colis : une largeur de 4 mètres est toujours nécessaire. Pour une station de 20 ou 30 m^3, une porte par hall suffit, mais deux, trois, quatre même, sont indispensables quand le volume total des autoclaves atteint 50, 100, 150 m^3.

En coin d'un des halls est réservé un réduit où sont installés le vestiaire, les douches et les lavabos des ouvriers.

Le plan de premier établissement doit toujours être accompagné d'un projet d'agrandissement. L'expérience a montré que la désinsectisation répond à un besoin réel de l'agriculture et des industries qui en découlent ; les graphiques d'accroissement des tonnages annuellement traités (fig. 61)

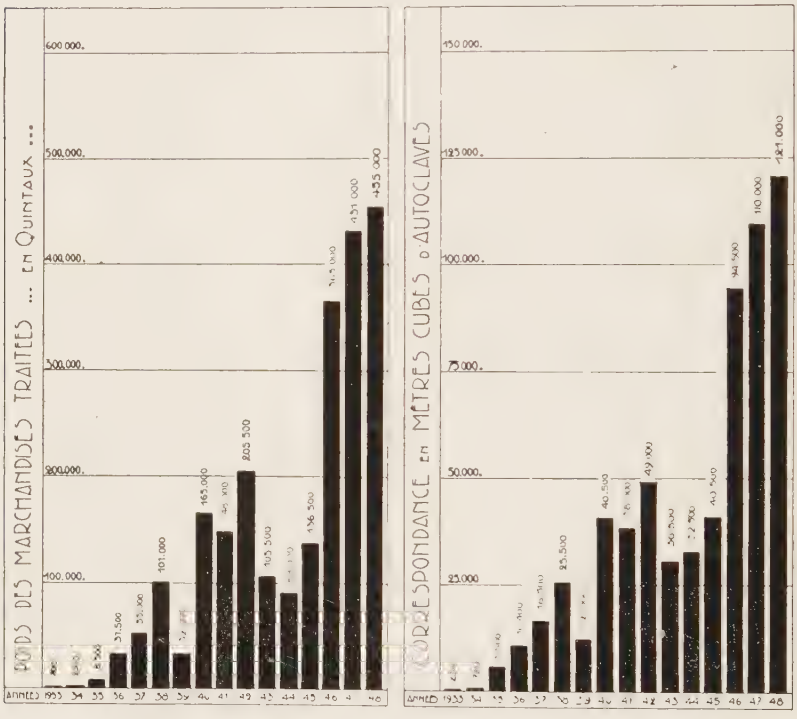


Fig. 61. — Graphique montrant le développement de la **DVP** dans les stations officielles d'Algérie depuis leur création.

permettent d'affirmer que la vulgarisation de cette technique n'est encore qu'à son début ; les programmes d'extension des stations ont toujours été dépassés jusqu'ici par les perspectives immédiates de développement de leur utilisation. Il est donc indispensable de construire les bâtiments de telle sorte qu'un agrandissement ultérieur en doive être aisé et relativement peu coûteux, sans réduire les commodités d'exploita-

tion. Le plus souvent, cet agrandissement sera avantageusement prévu sur la grande façade opposée à celle où stationnent les camions. Un accroissement de quelques mètres de largeur correspondra à une augmentation de surface importante.

SALLE DES POMPES ET SALLE DES GENERATEURS

Ces deux pièces peuvent, à la rigueur, être confondues en une seule mais, en raison de l'importance à donner presque toujours à la salle des générateurs, il y a le plus souvent avantage à les séparer.

Ces pièces, de même que l'atelier, sont délimitées par des cloisons de 11 à 12 centimètres d'épaisseur au moins pour y permettre le scellement d'appareils. Le côté donnant sur le hall en est largement vitré.

Elles sont parfois placées sur une des ailes du bâtiment, le milieu de celui-ci étant occupé par les autoclaves (fig. 62-63). Cette solution est acceptable, et doit souvent être adoptée lorsque la largeur du terrain disponible est insuffisante. Elle présente toutefois un inconvénient, en ce qu'elle empêche le personnel de surveiller les deux halls à la fois, soit du bureau, soit des autres pièces annexes. Un autre défaut technique réside dans la longueur des canalisations qui provoque une perte de puissance des pompes à vide (une section plus forte des tuyauteries, pour réduire cette perte de charge, entraînerait un coût de premier établissement beaucoup plus élevé et une difficulté accrue à assurer et à maintenir une étanchéité suffisante des vannes).

La disposition des pièces annexes en perpendiculaire à la cloison séparant les halls (fig. 59 et 60) sera préférée chaque fois qu'il sera possible. Il faudra toutefois avoir soin, au cas où un quai de chargement se trouverait sur un grand côté de la station, de les construire du côté de ce quai. Sur le côté opposé, elles interdiraient l'adjonction de nouveaux autoclaves et les agrandissements de la station dans le sens de la largeur qui est alors le seul convenable. Cette disposition conduit à une solution logique du grave problème de la manu-

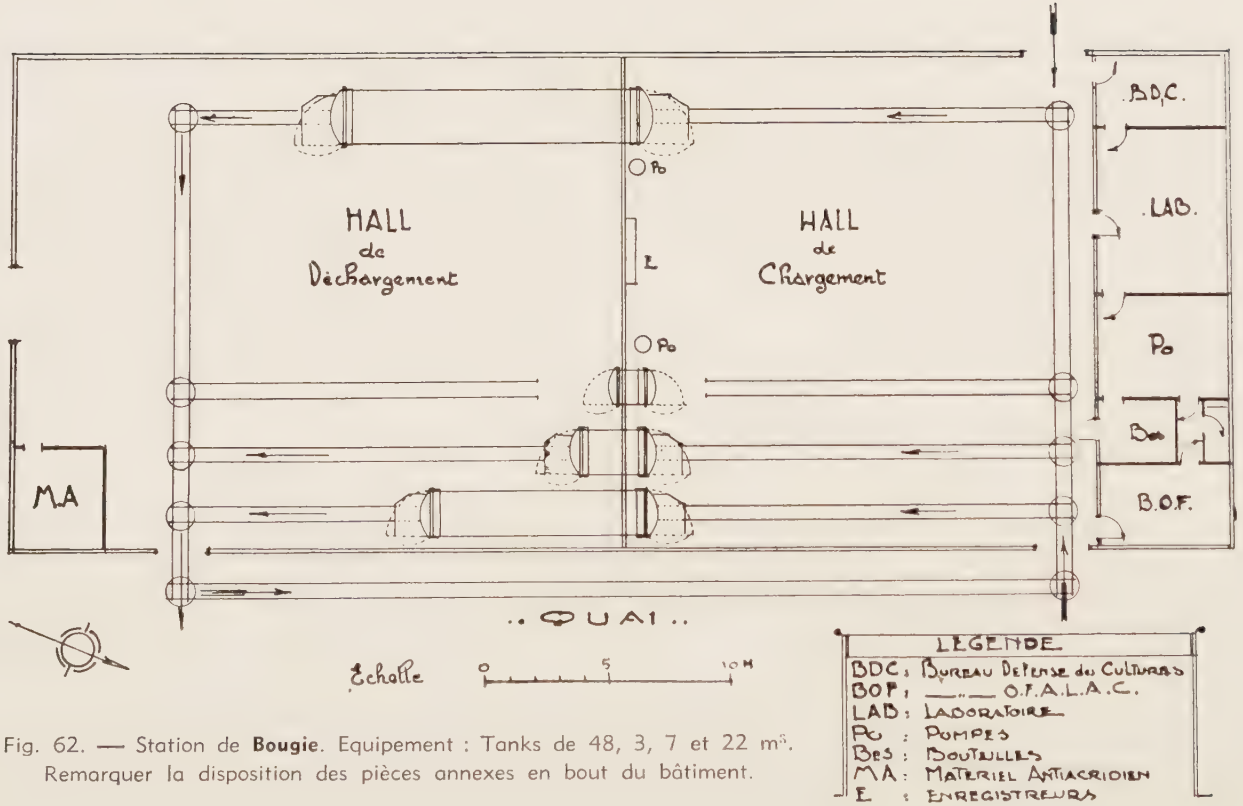


Fig. 62. — Station de **Bougie**. Equipement : Tanks de 48, 3, 7 et 22 m³. Remarquer la disposition des pièces annexes en bout du bâtiment.

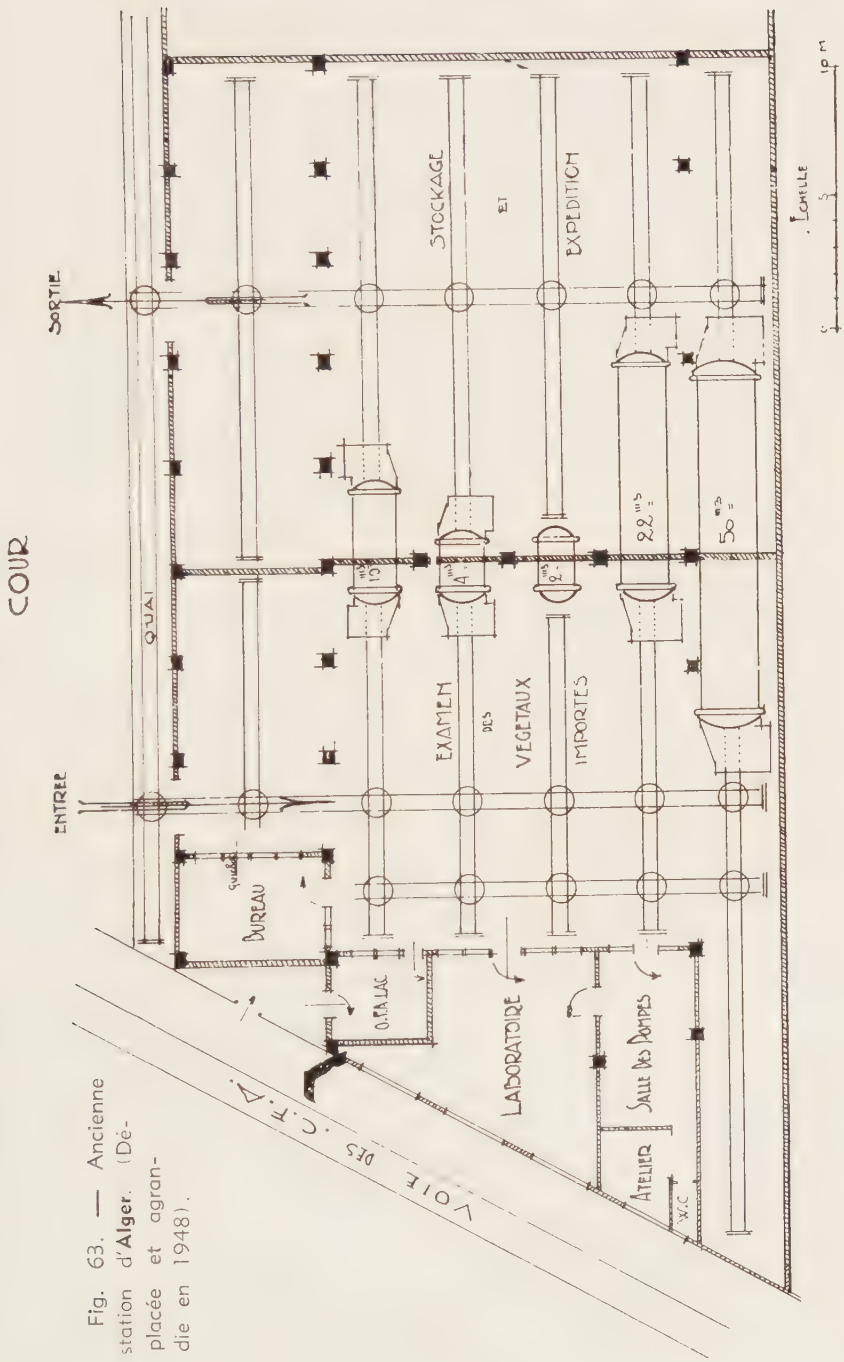


Fig. 63. — Ancienne station d'**Alger**. (Déplacée et agrandie en 1948).

tention. On peut ainsi faire arriver des wagons de chemin de fer le long d'un des grands côtés du bâtiment (côté des pièces annexes) ; aux deux extrémités, pourvues de larges portes, les camions accostent à des quais bordant deux cours, l'une d'arrivée des produits à traiter, l'autre de départ des produits traités. Le risque de recontamination est ainsi encore réduit. En outre, grâce à cette disposition, on peut faire parcourir aux wagonnets chargés un parcours entièrement rectiligne, le retour avec rotation sur plaques n'intéressant que des wagonnets vides. C'est là un avantage important. Les conditions d'exploitation de l'ancienne station du Havre, conçue dans une certaine mesure suivant ce principe, ont mis en évidence l'intérêt de ces deux cours d'extrémité, qui seront ménagées dans la nouvelle station, comme dans celle en projet à Marseille et existent déjà dans celle d'Alger (fig. 59).

Lorsque la station doit être desservie à la fois par camions et par deux systèmes de voie ferrée (voie normale et voie étroite, comme pour la station de Biskra), les voies ferrées courent chacune le long d'un des grands côtés et les camions utilisent les quais des cours d'extrémités.

La **salle des pompes** reçoit les groupes moto-pompes à vide, deux ou trois en général (7), leurs coffrets, le groupe compresseur d'eau pour gonflage des joints d'autoclave accompagné d'une pompe à main de secours, le tableau de commande et les appareils de contrôle, d'enregistrement et de signalisation (8).

Pour cet appareillage, une surface totale utile de l'ordre de 40 à 50 m² est à prévoir (9 à 10 mètres de longueur sur 4 m. 50 à 5 mètres de largeur) dans les stations à trois ou quatre pompes. Elle peut être ramenée aux environs de 30 m² pour celles à deux pompes (6 ou 8 mètres sur 4 mètres).

Lorsque la station n'est pas alimentée en électricité force motrice, ces surfaces doivent être augmentées d'une bonne dizaine de mètres carrés en raison du supplément de machines

(7) D'une façon générale, il est bon de prévoir au moins deux pompes à vide, pour disposer d'une rechange, et éviter la paralysie de la station en cas de détérioration d'une machine.

(8) On peut aussi placer le compresseur, le tableau de commande et les divers appareils dans la salle des générateurs ou dans un poste de commande spécial.

constitué par les moteurs thermiques, les chauffe-eau non électriques, éventuellement le groupe électrogène, ainsi que de l'encombrement des dispositifs de transmission [9].

Bien que les montages soient effectués en général sur socles insonores, les appareils ne peuvent fonctionner silencieusement. On a donc toujours intérêt à éloigner, autant que faire se peut, la salle des pompes du ou des bureaux.

La **salle des générateurs** ou **laboratoire** exige une surface bien supérieure à celle de la précédente. Une station qui travaille à l'oxyde d'éthylène, au bromure de méthyle et à l'acide cyanhydrique reçoit en effet : un ou deux vaporiseurs de fumigant avec un ou deux chauffe-eau — un ou deux vaporiseurs de CO^2 avec chantier de vidange pour six ou dix bouteilles — deux ou trois gazomètres, souvent de grande capacité (jusqu'à 4.000 litres utiles) — un chantier de purge des bouteilles de CO^2 — les doseurs et un générateur d'acide cyanhydrique — les appareils enregistreurs, de contrôle et de signalisation — le matériel de gonflage des joints d'autoclaves et le tableau de vannes [10]. Aussi une surface utile de 50 à 60 m^2 (6 m. 50 de largeur sur 8 ou 9 de longueur) doit-elle être réservée à cette salle pour les grandes stations ; elle peut être ramenée à 35 m^2 pour les petites (6 × 6 ou 4,50 × 8). L'absence d'électricité n'oblige pas à accroître ces surfaces, tous les appareils en supplément dans ce cas se trouvant alors dans la salle des pompes, déjà augmentée en conséquence [11].

Certaines stations ne travaillent qu'avec l'un des trois fumi-

(9) Les chiffres ci-dessus sont bien entendu donnés avec une large approximation, de façon à faciliter la surveillance et l'entretien des machines. Il ne faut pas oublier par ailleurs de prévoir pour cette salle des dimensions suffisantes : on peut vouloir y placer ultérieurement un matériel nouveau, plus puissant et plus encombrant, nécessité par un agrandissement de la station et l'installation d'autoclaves plus volumineux.

(10) Dans les grandes installations modernes, le tableau de vannes reçoit les appareils de contrôle et la plus grande partie des diverses commandes. Ce poste de commandement, où se tient l'opérateur pendant la phase active des manipulations, est, sinon complètement séparé, du moins distinct de la salle des générateurs. Dans les petites installations, on place parfois le groupe compresseur, le tableau des commandes et les appareils de contrôle et d'enregistrement dans la salle des pompes.

(11) On ne peut évidemment admettre l'installation de brûleurs à flamme nue (à gaz de ville ou à propane) dans un local où se trouve stocké de l'oxyde d'éthylène liquide ou gazeux.

gants usuels, parfois deux, parfois même un seul. La surface de la salle des générateurs peut être en ce cas considérablement diminuée, surtout si l'intervention du CO^2 devient inutile. On peut en effet supprimer les rampes de purge et de vidange, le ou les vaporiseurs et le gazomètre.

La hauteur de la salle est assez grande. C'est cette pièce en effet qui abrite les appareils les plus volumineux et, surtout, les plus hauts, tels que les gazomètres, pour lesquels une hauteur d'encombrement voisine de 4 m. 50 doit être prévue. Elle peut en outre recevoir, si l'eau de circulation passe en circuit fermé, la cuve de charge : or on a, bien entendu, intérêt à placer celle-ci aussi haut que possible.

Pour ces raisons, lorsque la couverture de la station est constituée par un toit à deux versants et que les pièces annexes sont en bout d'aile, cette salle des générateurs se trouve le plus souvent placée, comme dans les stations algériennes, bien qu'il n'y ait là aucune obligation d'ordre technique, dans l'axe du bâtiment. De cette disposition résulte le fait que tout agrandissement ultérieur de la salle est impossible sans frais élevés. Aussi a-t-on intérêt à calculer d'emblée très largement ses dimensions.

Elle est en communication directe avec deux autres pièces ; tout d'abord, le dépôt de bouteilles qui sert de réserve pour les réactifs et les gaz comprimés ou liquéfiés et avec lequel les échanges sont constants ; ensuite la salle des pompes, toutes les opérations comportant l'emploi successif des pompes à vide et des générateurs de gaz.

Le laboratoire constitue la partie de la station où le dégagement accidentel de gaz ou vapeurs nocifs est le plus à craindre en cas de fausse manœuvre. Aussi doit-il être pourvu d'un **dispositif de ventilation puissant** et méthodiquement étudié pour assurer l'évacuation immédiate des toxiques. Un ou plusieurs lanterneaux installés exactement au-dessus des gazomètres ne sont pas sans utilité et permettent, en outre, de réduire la hauteur moyenne de la toiture de la station : on y loge la superstructure des gazomètres.

Une bonne précaution enfin, à prendre lors de la construction, consiste à remplacer la cloison donnant sur le hall, sur 4 mètres de hauteur et autant de largeur, par une baie vitrée entièrement démontable. On permet ainsi le passage par cette

voie des appareils les plus volumineux, gazomètres surtout, qu'on ne pourrait, autrement, mettre en place ou enlever pour réparation qu'en abattant une partie importante de la paroi.

DEPOT DES BOUTEILLES

Cette pièce reçoit un stock d'autant plus important que la station est elle-même plus puissante et plus éloignée d'un centre d'approvisionnement. Sa surface ne peut donc être déterminée qu'en fonction de ces facteurs. Le plus souvent, elle se trouve comprise entre 15 et 30 m^2. Est à noter seulement l'utilité, pour ce local, de communiquer directement et, si possible, en ligne droite, d'une part avec un hall ou l'extérieur (réception des bouteilles), d'autre part avec le laboratoire (utilisation des bouteilles). Une telle disposition facilite l'installation d'un moufle monté sur monorail, commode pour la manutention.

Ce dépôt, constamment et intensément aéré, reçoit sur le ou les côtés qui donnent à l'intérieur de la station, des portes aussi étanches que possible. Il y a même avantage, lorsque la surface de terrain disponible est suffisante, à le construire en dehors de la station, séparé de celle-ci par quelques mètres.

ATELIER

Un atelier s'avère indispensable. Il doit être pourvu de canalisations d'eau et d'électricité (lumière et force). L'installation du gaz de ville, lorsque la chose est possible, y est recommandable (chauffage, soudure, brasure) et peut éventuellement être remplacée par le propane (qui permet même le découpage au chalumeau).

Muni d'un outillage élémentaire pour le travail du bois, il en possède un beaucoup plus complet pour celui du fer et du cuivre, des tuyauteries en particulier.

Il joue aussi le rôle de magasin du matériel de rechange et, à ce titre, est pourvu de placards avec étagères et tiroirs. C'est là qu'est entreposé le support des joints hydrauliques de rechange (fig. 24) fixé verticalement contre un mur.

La dimension des tubes d'acier que l'on trouve le plus facilement dans le commerce local (6 mètres) oblige à donner

à l'atelier une longueur minima de 7 mètres, à moins que la porte ne permette un dégagement direct vers l'extérieur dans l'axe de l'établi. On peut sans inconvénient, dans ce cas, ramener la longueur à 4 m. 50. Une bonne largeur étant de 4 m. 50 également (dont 0 m. 50 pour l'épaisseur du placard), sa surface totale est donc voisine de 20 m².

Les stations de très faible importance peuvent se contenter d'un réduit de 10 m² (3 m. 50 × 3 m.).

CHAUFFERIE POUR RECHAUFFAGE DES MARCHANDISES

Une chaufferie est à prévoir dans certaines stations. Comprenant à la fois la réserve de combustible et la chaudière, elle exige une place d'environ 20 m² (7 m. × 3 m.).

Lorsque la station est munie de l'électricité, la circulation d'eau chaude (si c'est le cas) s'effectue de préférence par pompe, ce qui a le double avantage d'activer la circulation et d'éviter l'installation de la chaudière en fosse. Cette dernière disposition ne peut malheureusement être évitée dans le cas contraire. Le chauffage à l'air chaud ne peut se faire d'une façon suffisamment active et rapide que si l'on dispose de l'électricité pour actionner des ventilateurs.

La chaufferie est éloignée du dépôt des bouteilles et de la salle des générateurs : l'emploi de gaz inflammables est toujours possible. Elle peut être mitoyenne d'un bureau dont elle réchauffe ainsi la paroi. Il y a avantage à ce qu'une de ses faces, correspondant à la réserve de combustible, donne sur l'extérieur ou sur l'un des halls, de façon à faciliter son approvisionnement.

BUREAUX

Dans les stations d'Etat, un ou plusieurs bureaux sont à prévoir.

Celui du chef de station doit permettre la surveillance d'un hall au moins, celui d'arrivée des marchandises de préférence, dans les meilleures conditions. Aussi est-il entièrement vitré de ce côté. Comme la pièce ne doit contenir qu'un matériel

et un ameublement de bureau, ainsi que la pharmacie de secours, une surface de 20 m² environ est suffisante.

Si l'on prévoit que le chef de station peut se trouver seul pour effectuer à la fois le travail administratif et la manœuvre des appareils, il est indispensable que son bureau communique avec la salle des générateurs ou en soit, tout au moins, peu éloigné. Dans le cas contraire, son emplacement est indifférent.

Il arrive fréquemment en outre, dans les stations d'Etat, que des organismes officiels de contrôle et de standardisation des produits exportés aient intérêt à être installés dans les locaux mêmes. Un bureau-laboratoire, de dimensions analogues ou légèrement supérieures à celles du précédent, peut leur être réservé dans ce cas, avec une ouverture donnant sur le hall de chargement où sont présentées les marchandises. L'emplacement de ce bureau par rapport aux pièces annexes est, bien entendu, sans importance et son choix n'est inspiré que par des considérations de commodité.

VESTIAIRE -- DOUCHES -- W.-C.

Il y a souvent avantage à grouper ces trois pièces.

Pour tenir compte du fait que les accidents sérieux, tels que la projection d'acide sulfurique résultant du bris d'une bonbonne, se produisent le plus souvent dans la salle des générateurs ou à proximité de celle-ci, il est bon de rapprocher le plus possible les douches de la salle des générateurs.

Dans les stations consommant de fortes quantités d'acide cyanhydrique produit par réaction extemporanée, la salle des douches reçoit utilement un grand bassin de 0 m. 60 × 0 m. 80 et 1 mètre de hauteur. En cas d'accident, ce bassin, constamment empli de solution bicarbonatée sodique, permet à un homme, sans perdre de temps à se déshabiller, de s'y accroupir et de neutraliser immédiatement l'acide sulfurique qui a profondément imbibé ses vêtements.

Le vestiaire comporte, par ouvrier particulièrement exposé aux vapeurs de bromure de méthyle, deux armoires individuelles réservées, l'une aux vêtements de ville, l'autre aux vêtements de travail *(Décret n° 48-1895 du 15 décembre 1948). Journal Officiel de la République Française du 15 décembre 1948*

Le panneau de la porte de la seconde armoire n'est pas étanche : il est au contraire constitué seulement par un fort grillage ou un barreaudage métallique de façon à permettre une aération intense des vêtements éventuellement imprégnés de bromure de méthyle.

EVACUATION DES GAZ TOXIQUES ET VENTILATION DES LOCAUX

Jusqu'à maintenant, la récupération du mélange gazeux insecticide provenant des autoclaves n'a encore été nulle part réalisée et ce dernier est simplement rejeté dans l'atmosphère. La question s'est posée dès le début de savoir si ces gaz ne risquaient pas, du fait de mouvements atmosphériques, d'être rabattus vers le sol, créant un danger au voisinage des stations. Des années de pratique et des observations suivies sur des installations de plus en plus nombreuses ont maintenant prouvé qu'on ne court aucun risque de ce côté, même lorsque les stations sont installées dans une agglomération urbaine. Les gaz sont en effet éjectés à une telle vitesse, même en fin d'aspiration, qu'ils se trouvent immédiatement projetés à bonne hauteur et diffusent quasi-instantanément dans l'atmosphère. Les seules précautions à prendre en pratique, même avec des concentrations de l'ordre de 50 g./m^3 d'acide cyanhydrique ou de 125 g./m^3 de bromure de méthyle, sont les suivantes :

— La tuyauterie de refoulement est toujours dirigée verticalement et rejette les gaz de bas en haut.

— Si la station est isolée, l'orifice de refoulement est au moins à un ou deux mètres au-dessus du faîtage de la station.

— Si elle se trouve au contraire enclavée entre des constructions notablement plus élevées, l'orifice de refoulement doit se trouver au-dessus du faîtage de la construction voisine la plus élevée. Cette condition est d'autant plus impérieuse que la tuyauterie d'évacuation est en général munie d'un silencieux, dont l'orifice à souvent une section supérieure et réduit par conséquent la vitesse linéaire d'éjection.

La ventilation intérieure des locaux représente un problème plus important et plus difficile à résoudre. Il est bien certain en effet que, malgré les précautions prises, il est impossible d'éviter tout dégagement de gaz insecticide dans certaines pièces.

Les causes en sont nombreuses, sans même envisager des fuites accidentelles des appareils. Les robinets ou les bouchons à vis de quelques récipients de fumigants perdent plus ou moins. Les raccords souples à fixer au moment de leur utilisation entre récipients et vaporiseurs contiennent encore, lorsqu'on les desserre, du fumigant à l'état gazeux et même liquide ; leur resserrage n'est pas toujours parfait au premier remontage : il faut changer un joint plastique, ou serrer davantage. Les cloches de gazomètres, lorsqu'elles s'élèvent, exposent à l'air une grande surface enduite de glycérine qui contient en dissolution un peu de fumigant ; celui-ci s'en évapore lentement. Bien d'autres causes encore existent, dues à la maladresse ou à la négligence.

Lorsqu'il s'agit de fumigants odorants, tels l'acide cyanhydrique ou l'oxyde d'éthylène, ces dégagements sont sans importance pratique car, même à des concentrations minimes, ils sont détectés immédiatement par l'odorat [12] : les mesures nécessaires peuvent être prises à temps. Lorsqu'il s'agit au contraire de bromure de méthyle, l'odorisation de celui-ci, à l'acétate d'amyle par exemple [13], n'est pas toujours suffisante pour parvenir au même résultat. Une ventilation s'impose donc ; elle doit être constante et active tant que des ouvriers se trouvent dans les locaux.

La ventilation intéressera en tout premier lieu les pièces particulièrement exposées, c'est-à-dire le dépôt de bouteilles, le laboratoire et la salle des pompes, ainsi que celles où du personnel séjourne en permanence : le ou les bureaux.

Dans l'entrepôt de bouteilles et le laboratoire, les plus fortes

---

(12) Si, exceptionnellement, un ouvrier était peu sensible à ces odeurs, ses camarades à l'odorat plus développé auraient tôt fait de l'avertir. Nous devons ajouter que nous n'avons jamais rencontré un individu absolument dépourvu de sensibilité à ce point de vue.

(13) Et on ne peut cependant envisager l'emploi d'un avertisseur trop violent, tel qu'un lacrymogène, ou malodorant, même à l'état de traces. Il risquerait de se fixer énergiquement sur les denrées.

concentrations sont à craindre. Un mélange lourd d'air et de fumigant risque de s'accumuler dans les parties basses s'il s'agit de fumigants lourds comme l'oxyde d'éthylène, et surtout, le bromure de méthyle. Il faudra, si un côté de ces pièces donne sur l'extérieur, y ménager des ouvertures de grande surface, les unes en haut, d'autres en bas. Certaines, à ras du sol, seront même pourvues de ventilateurs à gros débit, expulsant l'air hors du bâtiment. Au cas où aucun côté ne donne sur l'extérieur, la ventilation devra se faire par gaines. L'air, aspiré au ras du sol, sera rejeté au-dessus du toit par des ventilateurs de force moyenne fonctionnant sans arrêt ou, tout au moins, très fréquemment. On aura avantage en ce cas à adapter sur l'orifice d'expulsion un chanard fonctionnant en trompe à air avec le vent ; il produira une légère aspiration, même le ventilateur stoppé. Les rentrées d'air pur dans les locaux ainsi mis en dépression se font par de simples ouvertures ménagées dans les murs à différentes hauteurs, du ras du plafond jusqu'au sol.

Nous avons déjà signalé, pour le dépôt de bouteilles, l'utilité qu'il y a, lorsque les conditions s'y prêtent, à le construire en dehors de la station, soit en verrue, soit séparé du bâtiment principal par quelques mètres. En outre de toutes ces précautions, il sera bon de préciser aux ouvriers qu'ils y doivent séjourner le moins longtemps possible.

La salle des pompes ne présente pratiquement pas de danger ; un dégagement fortuit de gaz ne peut en effet prendre naissance que sur le pot de récupération de l'huile de graissage et la courte tuyauterie de refoulement (on ne voit guère, à moins d'un défaut de serrage des brides, comment la chose serait possible sur ce trajet de quelques mètres), pas du tout sur celle d'aspiration. Une bonne aération ordinaire, par baies ou lanterneaux, suffira.

Il n'en est pas de même des bureaux, pièces chauffées et closes pendant l'hiver, où des employés séjournent longuement. Des concentrations, même légères, peuvent les sensibiliser d'abord, puis, à la longue, les intoxiquer. Il sera donc prudent de créer dans ces locaux, à l'inverse des installations précédentes, une surpression par apport continu d'air frais. L'hiver, cet air amené par gaines passera préalablement sur des résistances chauffées électriquement.

En ce qui concerne les halls, généralement de grandes dimensions, le problème ne peut être mieux résolu que par une aération simple, mais énergique, analogue à celle que l'on prévoit par exemple pour les entrepôts de grains, encore intensifiée par l'aménagement d'ouvertures barreaudées à ras du sol (14).

Il est impossible, pour terminer, de ne pas dire un mot d'une mesure connexe à la ventilation puisqu'elle tend, comme elle, à assurer la sécurité du personnel. Il s'agit de la **détection, surtout de celle du bromure de méthyle** si peu perceptible à l'odorat humain.

Il convient de partir du principe que la détection, pour être efficace, doit être assez sensible, immédiate et bien apparente.

C'est éliminer d'un seul coup les méthodes purement chimiques. La détection de traces de toxique dans l'atmosphère par barbotage, si sensible et si parfaite soit-elle, sera par exemple toujours illusoire dans ses résultats parce que **le personnel ne l'effectuera pas assez souvent ou, même, ne l'effectuera pas du tout.**

(14) Le décret du 10 décembre 1948 sur l'utilisation du bromure de méthyle prévoit à ce sujet (Art. 7) : « ... une aspiration mécanique efficace « per descensum » et de larges ouvertures à la partie supérieure du local ».

Cette excellente prescription concerne surtout les locaux où l'on peut craindre l'accumulation au ras du sol de nappes lourdes, riches en fumigant, résultant d'une mauvaise homogénéisation du mélange gazeux dans l'atmosphère.

Le risque est différent en **DVP.**

La méthode des introductions simultanées parvient en effet dans l'autoclave à une parfaite homogénéisation des mélanges gazeux. Si l'on considère par ailleurs le dosage initial courant de 80 g./m³ sans tenir compte des phénomènes de sorption par la marchandise, on constate qu'après seulement deux rinçages à 670 mm., la concentration de l'atmosphère de l'autoclave est tombée à 1,12 g./m³. En prenant les poids spécifiques de l'air et du bromure de méthyle comme respectivement égaux à 1,293 et 4,2, on constate que la densité du nouveau mélange après rinçages est 1,29378; elle ne diffère de celle de l'air pur que de 0 g. 78 pour 1 kg. 293 (1 m³), soit de 0,06 % environ. Il est bien certain, dans les conditions pratiques des stations, qu'une différence aussi insignifiante ne peut nullement provoquer l'écoulement vers les points bas de la masse gazeuse ; les remous de l'atmosphère véhiculent celle-ci en tous sens.

Si donc l'aspiration « per descensum » constitue une précaution excellente en soi, on ne peut la considérer comme suffisante, et une aération intense des halls au moyen d'ouvertures nombreuses, hautes et basses et de grande surface, reste absolument indispensable.

Mieux vaut une méthode légèrement moins sensible, même si elle ne donne pas de résultats quantitatifs qui, en pratique, ne présentent d'ailleurs qu'un intérêt secondaire. L'emploi des papiers réactifs constitue déjà à ce point de vue une amélioration, mais on constate en fait que :

— Le virage de ces papiers, à moins de se trouver en face de concentrations énormes, rarement réalisées, est trop lent.
— A son début tout au moins, il est trop faible pour être remarqué nettement ; il y faudrait l'œil d'un chimiste.
— Dans l'atmosphère de la station la mieux ventilée, il y aura toujours dans certaines pièces, le hall de déchargement et le laboratoire en particulier, des traces infinitésimales de fumigant qui provoqueront, à la longue, le virage, sans que ces traces présentent, en réalité, le moindre danger.

Ces trois causes réunies aboutissent rapidement à créer parmi le personnel une certaine indifférence. Sachant que les papiers ne virent pas immédiatement dans des concentrations déjà relativement dangereuses, et qu'ils virent par contre à la longue dans des concentrations qui ne le sont pas, ce personnel n'accorde un succès de curiosité aux « petits papiers pendus aux murs » que pendant les premiers jours ; il ne les regarde plus ensuite.

L'emploi de la lampe à halogénures reste actuellement le seul moyen pratique de détection du bromure de méthyle dans les stations, **à condition que cet emploi soit permanent.**

La lampe à alcool, qui ne répond pas à cette dernière caractéristique (on néglige la plupart du temps de la recharger en combustible), doit être éliminée.

La flamme des lampes à halogénures des stations sera donc alimentée de façon pratiquement constante : gaz de ville soigneusement épuré (pour éviter l'encrassement rapide de la grille, du tortillon ou de la masse [15] de cuivre), butane ou

(15) Un bon dispositif, lorsqu'on emploie le propane ou le butane, consiste à utiliser, non une grille ou un tortillon qui brûle ou fond en quelques secondes, mais une petite masse de cuivre cylindrique. Ce cylindre a une dizaine de millimètres de diamètre et autant de longueur. Complètement enrobé sans être refroidi dans la flamme du propane ou du butane, celle-ci est si chaude (la combustion de ces produits libère 2 à 3 fois plus de calories que celle du gaz de houille) qu'il ne tarderait pas à brûler

propane. Ce système est d'autant plus avantageux qu'il permet, avec une seule source de combustible (bouteille de butane par exemple), de desservir plusieurs lampes placées aux endroits à surveiller (laboratoire, dépôt des bouteilles, hall de déchargement et magasin de stockage après traitement).

Ces lampes jamais éteintes donnent, de l'entrée à la sortie du personnel, une détection suffisamment sensible, immédiate et bien apparente. Rien ne s'oppose du reste à ce qu'on prévoie en outre une amélioration de leur puissance d'avertissement grâce à un dispositif comportant une cellule photo-électrique sélective et un avertisseur sonore.

MAGASIN DE STOCKAGE

Il est enfin, dans les prévisions d'aménagement général des stations, un point important et que l'on néglige ou sous-estime trop souvent : c'est celui du stockage des marchandises traitées.

Dans certaines stations où, en principe, les marchandises ne doivent que transiter et être reprises quelques heures ou un jour après leur dépôt, il arrive que ces dernières soient laissées sur place beaucoup plus longtemps qu'il n'était prévu. Cet inconvénient apparaît à chaque interruption des transports maritimes ou terrestres ; les colis s'empilent pendant plusieurs jours et, si aucun local de dégagement n'a été prévu, provoquent bien vite le complet embouteillage du hall de déchargement. Il est donc indispensable, dans la plupart des cas, d'adjoindre en mitoyenneté à celui-ci [16], desservi par

ou à fondre. C'est pourquoi le cylindre, préalablement percé excentriquement (pour prévoir l'altération du métal par la flamme et ménager ainsi de ce côté une masse plus épaisse) est traversé par une longue tige de fer (et non de cuivre car alors apparaissent à son contact au bord de la flamme des couleurs qui peuvent prêter à confusion) de 4 ou 5 millimètres de diamètre. La tige sert à la fois de support et de réfrigérant, ses deux extrémités se trouvant hors de la flamme sur plusieurs centimètres.

En service continu, nuit et jour, on peut ne pourvoir au remplacement du dispositif, fort peu coûteux, que tous les mois. La sensibilité aux halogénures reste très satisfaisante.

(16) Lorsque la place manque, on peut aussi construire au-dessus de la station, sur un étage (station du Havre) ou plusieurs étages (station de Marseille), des entrepôts recevant les marchandises conservées assez longtemps après traitement.

le réseau de rails prolongé à cet effet, un magasin de stockage. Il est évidemment impossible de donner des règles fixes quant à la surface et à l'aménagement de celui-ci ; les conditions locales et les circonstances prévisibles sont les seuls guides. Rappelons seulement qu'on ne regrettera jamais d'avoir « vu grand ».

Il n'est pas nécessaire de prendre dans cet entrepôt des mesures spéciales destinées à interdire de façon absolue la recontamination par des insectes venus du dehors ; le séjour n'y sera pas long et pas plus dangereux, de toutes façons, que les promiscuités qu'auront à subir ensuite les colis traités, dans les gares, les wagons, les cales de navires. Il suffira d'éviter de construire le magasin trop près des points d'arrivée des marchandises.

Pour les entreprises industrielles, le problème se pose différemment. Beaucoup, traitant leurs produits sitôt l'emballage achevé, les conserveront quelque temps avant l'expédition. Tabacs, céréales, pâtes alimentaires, farines, etc., dans le cas des emballages sommaires, peu étanches aux insectes, ordinairement utilisés, se recontamineront presque à coup sûr si on les entrepose dans des locaux souvent assez voisins des salles de réception et de stockage des marchandises brutes.

Des **magasins étanches aux insectes** sont alors indispensables. Tout comme dans le cas précédent, on aura souvent avantage à y faire accéder les wagonnets en y prolongeant la voie ferrée ; leurs dimensions seront, de même, déterminées en fonction des nécessités maxima probables. Ces locaux, absolument dépourvus de boiseries, à angles arrondis pour faciliter les nettoyages, seront aménagés de telle sorte qu'on puisse éventuellement effectuer des fumigations à pression atmosphérique : des insectes peuvent toujours s'y glisser et rendre indispensable une de ces opérations. Il conviendra donc de revêtir les murs d'un enduit peu absorbant pour les gaz (le ciment lissé convient parfaitement à cet égard, et bien d'autres solutions aussi donnent des résultats satisfaisants) et, de plus, non calcaires. (Les insecticides de contact modernes, comme le HCH ou le DDT, dont on doit aussi envisager l'emploi dans ces circonstances, sont décomposés par la chaux. On se réserve ainsi une possibilité supplémentaire, les badigeonnages avec ces produits étant fort économiques). La

porte et les orifices d'aération pourront être rendus hermétiques par des joints de caoutchouc. En temps normal, la porte sera tenue fermée et l'aération se fera d'elle-même par les orifices prévus à cet effet, ceux-ci étant bien entendu garnis d'une toile métallique inoxydable fine, à mailles mesurant au maximum 5 à 6/10e de mm. d'écartement. **Rhizopertha, Laemophlaeus, Silvanus,** etc. passent fort bien, en effet, au travers de mailles de 1 mm. d'écartement (17). On aura avantage à protéger ces fragiles écrans, sur leurs deux côtés, par un solide grillage ou barreaudage ; il faudra enfin prendre garde à l'insouciance des ouvriers qui, trop souvent, négligent de refermer la porte et véhiculent des insectes vivants sur leurs vêtements de travail.

TYPES DIVERS DE STATIONS EN REZ-DE-CHAUSSEE

A titre d'exemples, nous allons maintenant envisager diverses solutions tirées des règles précédentes. Elles résolvent de deux façons différentes le problème pratique le plus important, celui de la manutention des wagonnets, et se répartissent en conséquence, selon leur type, en stations à voies courbes et stations à voies droites.

(17) Il est probable qu'on obtiendrait des résultats satisfaisants, sinon totaux, en pulvérisant deux ou trois fois par an sur ces grillages des produits à base de HCH, de DDT ou peut-être simplement des répulsifs (naphtaline en solution, pétrole).

Le problème présente sa plus grande difficulté quand il s'agit de lutter contre la réinfestation par les **acariens** (**Tyroglyphes** et autres). Ces animaux s'insinuent sans difficulté au travers de tamis dont les mailles mesurent 2 et même 1/10e de mm. d'écartement. On ne parviendrait à empêcher leur passage par les orifices d'aération qu'en munissant ceux-ci de véritables filtres à air et en assurant un refoulement sous pression. Encore cette mesure, de réalisation coûteuse, serait-elle probablement illusoire car ces minuscules animaux parviendraient à se glisser par les joints de la porte. La meilleure solution pour la défense (des farines par exemple) contre les acariens semble résider, en définitive, dans la perfection absolue de l'étanchéité des emballages. De bons résultats ont cependant été obtenus en enduisant tous les orifices d'accès possibles, comme il est dit plus haut, de produits fortement insectifuges.

STATIONS A RESEAUX COURBES

Les réseaux courbes ne peuvent guère donner satisfaction, car, en regard de quelques avantages, ils présentent de nombreux et graves inconvénients.

Un des principaux avantages apparents de la solution est de pouvoir faire circuler rapidement, sans jamais rompre les attelages, des trains entiers de wagonnets correspondant à la longueur respective de chacun des autoclaves. Mais la remorque de ces trains, fort lourds, sera si pénible qu'elle ne pourra être faite à bras d'homme. En outre, on enregistre souvent des déraillements dans les courbes, ainsi qu'une usure excessive du rail dans ces parties du parcours.

Dans les autoclaves, on constatera une diminution sensible du coefficient de remplissage : des wagonnets remorqués sur voies courbes doivent être montés sur boggies et l'utilisation de ceux-ci oblige le constructeur à surélever la plate-forme des wagonnets.

Il sera difficile, sinon impossible, de donner aux bâtiments des formes simples et logiques, en y intégrant les parcours non rectilignes des voies.

Enfin, un certain espace, non négligeable, sera perdu dans chaque portion en courbe, et le total de ces espaces présentera une répercussion fâcheuse sur la capacité de stockage de la station, sans préjudice des incommodités apportées à l'obligatoire va-et-vient des ouvriers.

L'inopportunité des réseaux courbes est, en définitive, telle qu'aucun des nombreux projets envisagés ne nous a jamais semblé satisfaisant. Il n'existe d'ailleurs pas au monde, à notre connaissance tout au moins, de station où ce principe a été retenu et mis en application.

STATIONS A RESEAUX DROITS

C'est le type communément adopté dans tous les pays, schématisé sur les figures dont nous parlons ci-dessous.

Sur la figure 59, les pièces annexes sont à cheval sur les halls, ce qui offre l'avantage de réduire sérieusement la longueur des tuyauteries de service. On constate en outre que les communications de pièce à pièce, l'approvisionnement en bou-

teilles, sont faciles. Les halls ont une grande surface de stockage et l'extension peut se faire du côté opposé au quai.

Un des plus graves reproches que l'on puisse adresser à cette disposition est constitué par l'augmentation de la longueur des voies transversales, entre la voie extérieure et les voies de service des autoclaves. Cette augmentation, correspondant à la largeur de la construction des pièces annexes, est inévitable mais assez peu importante, d'autant plus que ces voies ne sont empruntées que par des wagonnets vides. Il est d'ailleurs impossible de construire ces pièces sur la façade opposée : elles interdiraient ou rendraient beaucoup plus complexe l'agrandissement ultérieur de ce côté. Un moyen terme, souvent utilisable, consiste à placer la voie sur la façade opposée aux pièces annexes, à condition d'admettre, à chaque nouvel agrandissement de la station, de la réinstaller parallèlement à elle-même en dehors de l'enceinte.

La figure 62 représente la disposition la plus fréquemment adoptée dans les stations algériennes des zones tempérées. Bien étudiée, celle-ci n'a comme inconvénients qu'une trop grande longueur des tuyauteries de service qui ont à traverser tout le hall de chargement et, surtout, l'impossibilité de contrôler le hall de déchargement.

Malgré ces imperfections, ce type a fait ses preuves à Alger (fig. 63), Oran (fig. 64), Bougie (fig. 62) et Biskra (fig. 65).

Il s'est montré à peu près aussi pratique que le précédent qui n'a été réalisé, assez imparfaitement d'ailleurs, qu'à Bône (fig. 66) et Philippeville (fig. 60).

La disposition adoptée à Touggourt, Djamâa et M'Raïer pour le traitement des dattes des oasis en saison froide est reproduite sur les figures 67, 68 et 69. Elle est analogue à celle de la figure 62 quant à l'emplacement dans une aile du bâtiment de la salle des pompes et du laboratoire. Elle en diffère par l'adjonction de deux tunnels de réchauffage et d'une pièce servant de bureau ; les dimensions très restreintes des stations sahariennes n'ont pas permis en effet de construire ce dernier à côté des annexes. Toutefois, construit en maçonnerie très légère et ne contenant aucun appareillage, le bureau ne constituera pas un obstacle quand l'agrandissement de ce côté deviendra nécessaire.

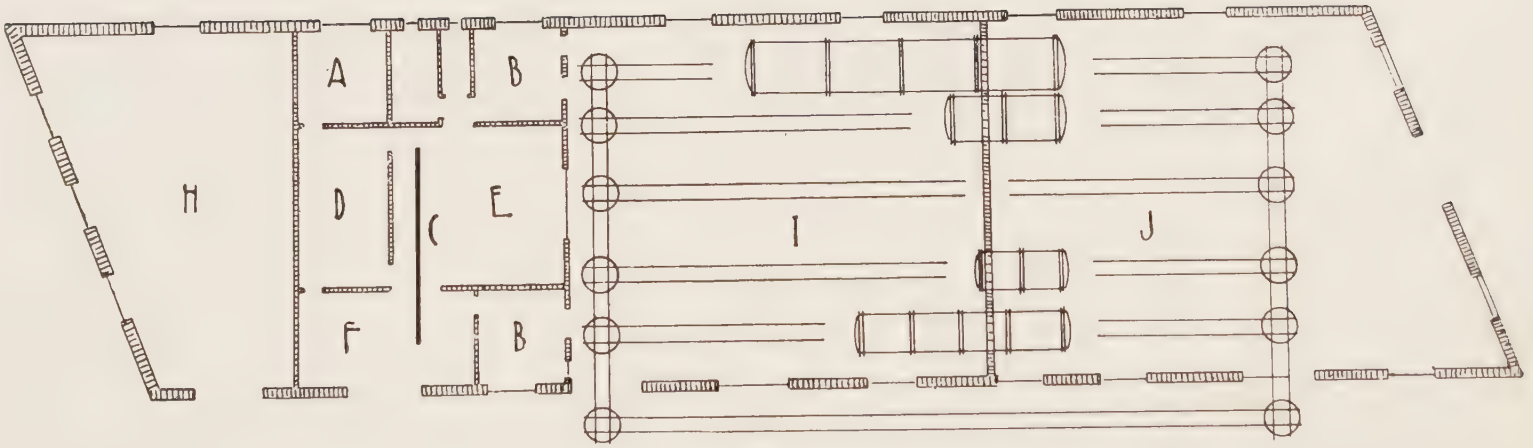


Fig. 64. — Station d'**Oran**. (Nouvelle station remontée en 1948). Equipement : Tanks de 48, 20, 7 et 2 m³.

A : Atelier.
B : Bureaux.
C : Tableau des commandes.
D : Salle des pompes.
E : Salle des générateurs et gazomètres.
F : Dépôt des fumigants.
H : Matériel.
I : Hall de chargement.
J : Hall de déchargement.

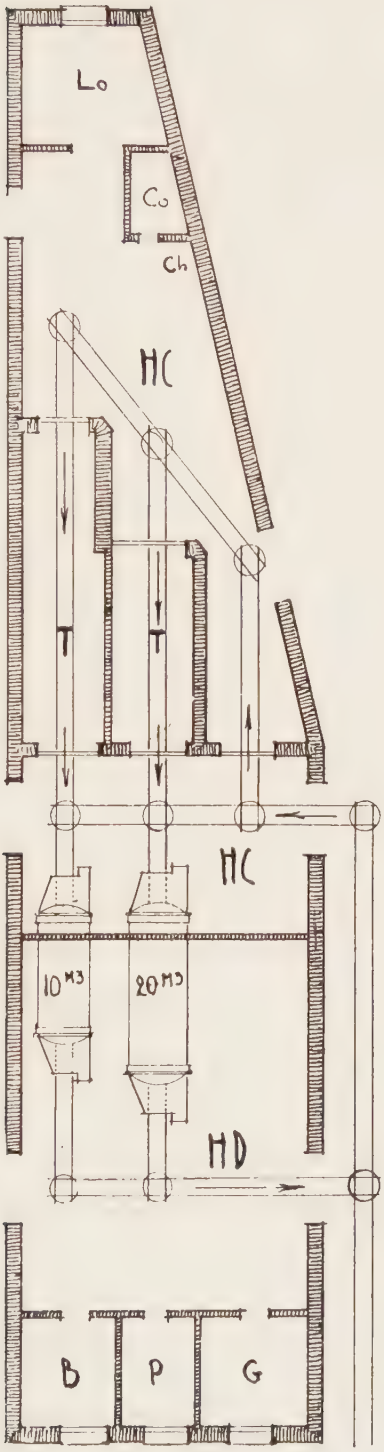


Fig. 65. — Station de **Biskra** (en instance de déplacement pour agrandissement).

HC : Hall de chargement. — HD : Hall de déchargement. — G : Laboratoire. — P : Salle des pompes. — B : Bureau. — T : Tunnels de réchauffage. — Co, Ch : Réserve de combustible et chaudière. — Lo : Chambre de gardien.

Il est à noter que, pour des raisons de simple économie, les stations sahariennes ont reçu des dimensions beaucoup trop restreintes ; les figures 65, 67, 68 et 69 ne pourraient servir de types qu'en augmentant de 50 % au moins la surface des halls et celle des pièces annexes. L'augmentation devrait porter à la fois sur la longueur et la largeur des bâtiments, mais surtout sur cette dernière dimension.

Stations à un étage

Les stations en rez-de-chaussée sont, certes, celles qui présentent le plus d'avantages pratiques, mais elles ont aussi quelques inconvénients, en particulier leurs énormes dimensions dès que leur puissance de travail est assez grande. Et on ne trouve pas toujours le terrain nécessaire. En outre, on rencontre souvent des difficultés dans le stockage et surtout la surveillance des marchandises.

Ces considérations ont conduit à la conception des stations à étage ou à sous-sol, conception industrielle simple qui consiste à séparer les locaux en deux étages réunis l'un à l'autre par le moyen d'ascenseurs ou de rampes ; cette solution reste toutefois, répétons-le, un pis aller.

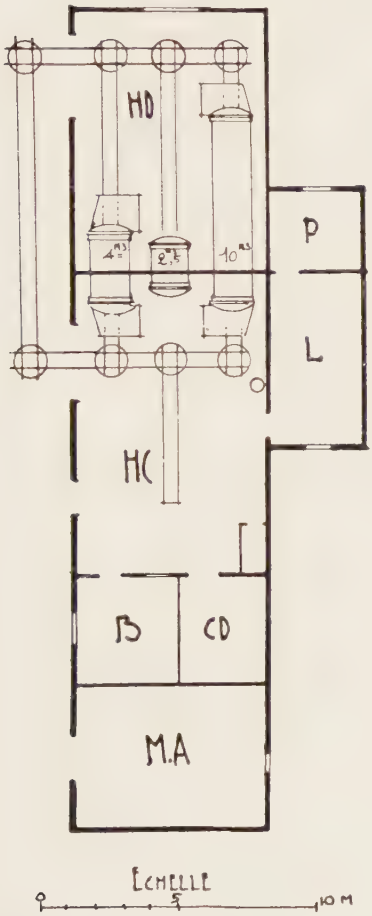
DISPOSITION GENERALE

Plusieurs dispositions peuvent être envisagées.

Dans la première, l'étage supérieur, ou rez-de-chaussée, en surélévation par rapport à la cote moyenne de niveau du terrain pour permettre l'établissement de quais de chargement, comporte les halls de stockage arrivée et départ et les pièces annexes. Au sous-sol sont installés les autoclaves. Cette disposition générale est figurée par le schéma A de la figure 70.

Cette solution présente, parmi d'autres, un inconvénient si grave qu'elle ne peut absolument être retenue. L'installation des autoclaves en sous-sol libérerait, en effet, dans l'atmosphère de celui-ci, à l'ouverture des portes, une quantité de fumigant lourd qui risquerait de compromettre la sécurité du personnel, la meilleure ventilation restant toujours plus ou moins sujette à caution en atmosphère aussi confinée. Il est d'ailleurs probable qu'avec la nouvelle législation sur le tra-

vail au bromure de méthyle, on ne pourrait faire accepter des stations à sous-sol. Enfin combien coûteraient les fouilles si l'on tombait, par hasard, sur un sol rocheux qu'on ne puisse ouvrir à la dynamite ?



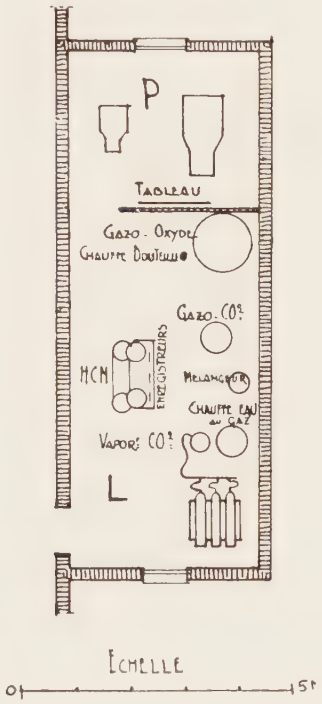


Fig. 66. — Station de **Bône.** HC : Hall de chargement. — HD : Hall de déchargement. — P : Salle des pompes. — L : Laboratoire. — B : Bureau. — CD : Cabinet débarras. — MA : Matériel.

La distribution inverse (fig. 70 B), qui comporte les autoclaves en rez-de-chaussée et les halls de stockage en sous-sol ne peut raisonnablement se concevoir. Pendant les périodes de calme, elle est évidemment pratique, en ce sens que les

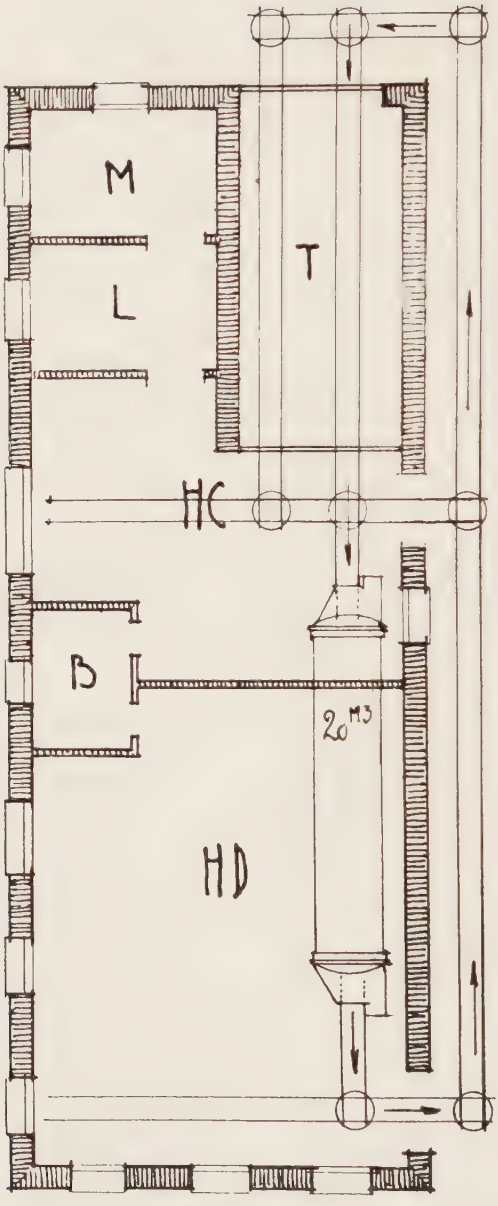


Fig. 67. — Station de **Touggourt.**

HC : Hall de chargement. — HD : Hall de déchargement. — B : Bureau-chambre du chef de station. — L : Laboratoire. — M : Salle des pompes et chaufferie. — T : Tunnel de réchauffage.

marchandises passent directement par les autoclaves sans emprunter le sous-sol ; le travail y est alors analogue à celui d'une station en rez-de-chaussée. Mais c'est pendant les grosses campagnes, où le temps et les opérateurs manquent le plus, qu'il faut utiliser les sous-sols de stockage, c'est-à-dire monter et descendre deux fois au lieu d'une les marchandises qui ne peuvent être, ni traitées ni rechargées immédiatement sur camions après traitement. Enfin, et là est peut-être l'objection principale, il serait extrêmement imprudent d'uti-

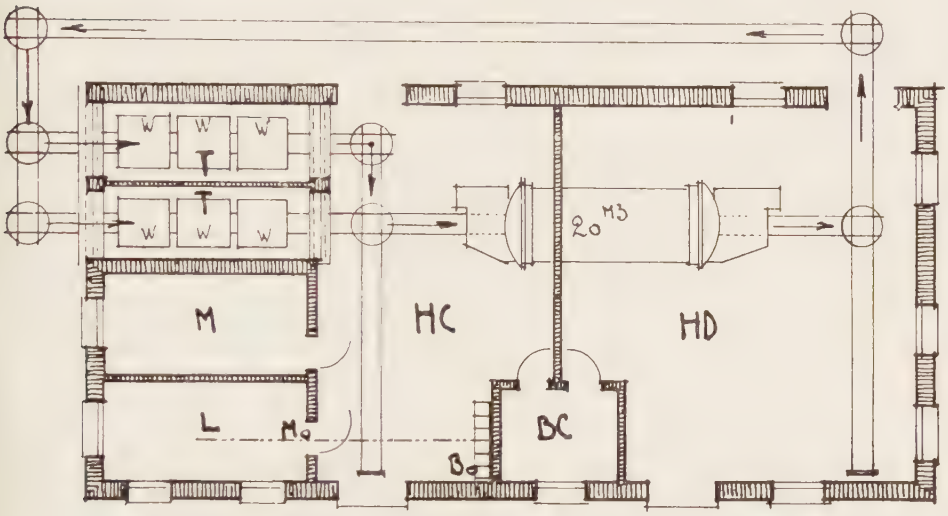


Fig. 68. — Station de **Djamâa.**
HC : Hall de chargement. — HD : Hall de déchargement. — BC : Bureau-chambre du chef de station. — L : Laboratoire. — M : Salle des pompes et chaufferie. — T : Tunnel de réchauffage. — Mo : Monorail.

liser un sous-sol pour le stockage des marchandises traitées. Du fumigant, en quantités importantes, s'échappe de celles-ci, et la sécurité se trouverait aussi compromise que dans la solution A.

Dans les solutions C et D, l'étage inférieur n'est plus semi-enterré, mais de plain-pied avec le niveau du sol ou, ce qui est mieux, un quai de chargement.

Sur le schéma C, où les halls de stockage sont au premier étage, on retrouve les inconvénients de manutention de la

disposition B. La solution C semble cependant la meilleure des quatre si l'on considère que l'étage ne sera utilisé que dans des périodes de presse assez réduites et pour des marchandises qui peuvent attendre. Elle présente des avantages pratiques importants, dont le principal est une constante et facile aération naturelle des deux étages. Elle évite en outre de placer sur un plancher en béton, comme dans la solution A, des pompes à vide de grande puissance, génératrices de vibrations qui se communiquent à tout le bâtiment avec un vacarme assourdissant.

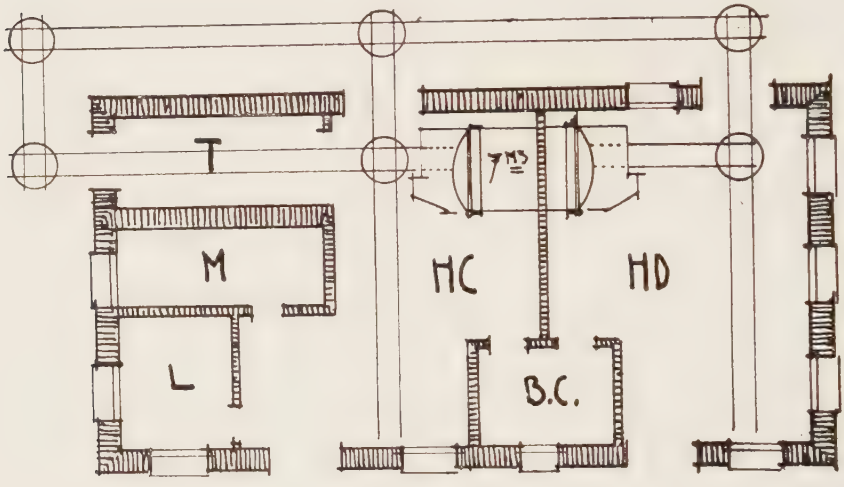


Fig. 69. — Station de **M'Raïer.**

HC : Hall de chargement. — HD : Hall de déchargement. — BC : Bureau-chambre du chef de station. — L : Laboratoire. — M : Salle des pompes et chaufferie. — T : Tunnel de réchauffage.

Quant à la solution D, qui consiste à placer les autoclaves en surélévation par rapport aux halls de stockage, elle ne peut raisonnablement être retenue. Le poids des tanks pleins de marchandises exigerait du plancher, sur une partie importante de sa surface, une résistance considérable entraînant de très gros frais de construction.

La disposition C reste en définitive, la seule recommandable, et c'est celle que nous allons étudier.

REZ-DE-CHAUSSEE.

Par rapport à la cote moyenne du terrain, la hauteur des quais et halls les met de plain-pied avec les plates-formes des camions.

La largeur et la longueur minima des halls sont, comme il a déjà été signalé, déterminées par l'encombrement latéral

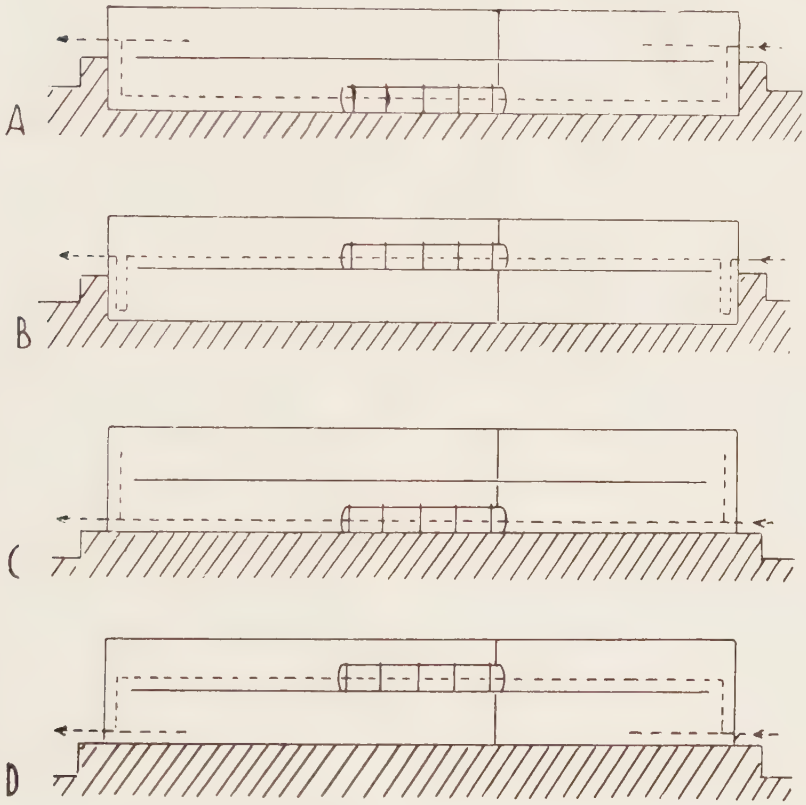


Fig. 70. — Schémas des divers circuits de marchandises qu'il est possible d'envisager dans une station à étages.

des autoclaves et, approximativement, trois fois et demie la longueur du plus long, si cette dernière base ne conduit pas à une solution impossible.

Au cas où la surface qui résulte de ces dimensions est insuffisante pour les quantités stockées prévues, on augmente plu-

tôt la largeur que la longueur, ce qui réserve pour l'avenir l'emplacement d'un autoclave supplémentaire.

Il est utile de ménager, pour faciliter le roulage des wagonnets pleins (et le lavage des halls au jet), une pente générale de 5 mm. par mètre d'amont en aval. Le retour des wagonnets vides s'effectue comme à l'ordinaire par une voie de bouclage installée sur le quai à l'extérieur du bâtiment.

Une ventilation puissante, comportant l'emploi de ventilateurs à grand débit, permet une aération particulièrement active des halls, surtout de celui de déchargement. Toutes les pièces annexes (salles des pompes et des générateurs, dépôt des bouteilles, atelier) sont placées vers le milieu des deux halls, ce qui représente des avantages multiples, tout en isolant ces derniers l'un de l'autre de façon satisfaisante. Ce qui a déjà été dit à ce point de vue au sujet des stations en rez-de-chaussée est applicable aux stations à étage.

L'emplacement d'un éventuel bureau de contrôle des marchandises est à peu près indifférent. Mais il n'en est pas de même de celui du chef de station. Ce bureau doit communiquer directement avec le laboratoire et les halls et permettre, grâce à de larges baies vitrées, la surveillance des colis entreposés.

ETAGE.

Celui-ci est séparé en deux par une cloison, de façon à permettre aussi bien le stockage des marchandises traitées que celui des marchandises à traiter.

Réservé uniquement à la manutention et au stockage des colis en piles, le plancher des halls doit supporter une charge de 1.500 à 2.000 kgs par mètre carré et le passage des wagonnets chargés à 3 tonnes sur voie de 0 m. 60 ou 0 m. 80.

Le réseau des voies, peu important, laisse une large place disponible. Celle-ci n'est guère restreinte que par les têtes de monte-charge et d'escaliers. Les escaliers sont destinés aux déplacements du personnel, les monte-charge ne servant qu'à la manutention des wagonnets.

En réalité, la construction en étage ne se justifie vraiment, répétons-le, que si l'étage est exclusivement réservé à l'entreposage des marchandises et ne doit pas entrer dans la chaîne

ordinaire des opérations de manutention. Elle ne présente guère qu'un avantage, celui de permettre parfois quelques économies sur la réalisation de la construction, et surtout, sur l'achat du terrain. En effet, la surface utile d'un tel bâtiment représente sensiblement deux fois la surface d'implantation.

La dépense de construction du plancher de l'étage est compensée par la réduction de moitié des charpentes et toitures. On peut en conclure que, à surface utile égale, la station à étage permet parfois d'économiser sur la station en rez-de-chaussée 10 à 15 % des frais de construction proprement dits et 50 % de l'achat du terrain à bâtir [18]. Sans même envisager le point de vue de la dépense, cette dernière considération est à retenir car, dans les grands centres et les vieux ports en particulier, les surfaces de terrain libre nécessaires sont d'autant plus difficiles à trouver qu'elles doivent être plus grandes.

Il est en fait pratiquement impossible, d'autant plus qu'aucune réalisation ne nous a encore permis d'acquérir l'expérience si utile en la matière, de prévoir et de codifier toutes les dispositions qu'il conviendrait de prendre, le cas échéant, pour réaliser avec le minimum d'inconvénients des stations à étage. Plus encore que pour les stations en rez-de-chaussée, chaque problème particulier devra recevoir sa solution particulière, en fonction des divers avantages et inconvénients que nous nous sommes efforcés de mettre en lumière dans cette courte étude. Deux problèmes principaux devront toujours être étudiés avec soin par le réalisateur : l'aération d'abord, la manutention des marchandises ensuite.

---

(18) L'économie n'est pas toujours de 50 % car, sur le terrain acheté pour une station, une partie assez importante doit souvent être réservée au stationnement des véhicules.

CHAPITRE IV

MÉTHODES DE TRAITEMENT

Les méthodes de traitement à appliquer en **DVP** sont toujours caractérisées par plusieurs facteurs : la **concentration en fumigant,** la **technique de vide,** la **durée d'exposition** aux vapeurs insecticides, la **température.**

Dans les méthodes décrites ci-dessous, la **concentration** est indiquée en grammes de fumigant pur par mètre cube d'espace libre dans l'autoclave, les espaces intergranulaires de la marchandise étant compris dans cet espace libre. La concentration recommandée, automatiquement réglée par les appareils de dosage (diaphragmes ou robinets à vernier), est toujours :

— Pour le bromure de méthyle : 80 g./m^3, sans addition de CO^2 puisque les essais ont permis de constater son peu d'intérêt.

— Pour l'oxyde d'éthylène : 150 g./m^3, cette dose recevant toujours un appoint de 945 g./m^3 d'anhydride carbonique (1).

La **technique du vide** est résumée en une formule simple qui donne les limites extrêmes, exprimées en millimètres de mercure, des vides successivement réalisés dans l'autoclave au

(1) D'après nos essais (24), il faut, pour rendre ininflammable une concentration d'oxyde d'éthylène dans l'air de 7,5 %, une quantité de CO^2 au moins 5,5 fois plus élevée. Il est prudent, pour prévoir une légère erreur dans le réglage initial des dosages ou tout incident surgissant pendant les opérations, de s'assurer du bénéfice d'une marge de sécurité, que l'on peut fixer à 15 %. Le calcul montre, dans ces conditions, qu'il faut, pour un dosage de 150 g./m^3 d'oxyde d'éthylène, une quantité de CO^2 de 945 g./m^3 environ.

L'emploi d'un mélange ainsi rendu ininflammable dans un appareillage qui possède, par ailleurs, les dispositifs antidéflagrants nécessaires supprime totalement tous risques d'explosion et d'incendie.

cours des opérations. Nous avons d'ailleurs déjà utilisé ce moyen d'abréviation dans l'étude des techniques de vide.

Ainsi, la formule :

0 — 670 — 20 — 0 — 2 R

signifie que : — le vide est effectué jusqu'à 670 mm. — l'introduction d'un mélange dosé et en proportions constantes de fumigant et d'air se fait aussitôt après, jusqu'à chute du vide de 670 à 20 mm. — l'exposition aux vapeurs, c'est-à-dire la désinsectisation proprement dite, se fait pendant la durée indiquée, sous ce vide de 20 mm. — au bout de ce temps, le vide est cassé jusqu'à 0 (retour à pression atmosphérique) — puis on répète l'opération qui consiste, ayant remonté le vide à 650, 670 ou 700 mm. (2), à laisser l'autoclave revenir aussitôt après à pression atmosphérique.

La formule :

0 — 720 (15') — 20 — 0 — 2 R

signifie que, après avoir réalisé le vide de 720 mm., on maintient ce vide dans l'autoclave 15 minutes avant de commencer à y introduire le mélange de fumigant et d'air. Cette technique concerne des marchandises qui présentent de gros obstacles à l'établissement de l'équilibre de pression entre

(2) Le vide à obtenir au cours des opérations de rinçage devra être d'autant plus poussé que les conditions d'aération de la station seront plus défectueuses et que la chaleur (qui favorise la désorption du fumigant par les marchandises) sera plus élevée. Le tableau ci-dessous donne les pourcentages des quantités de fumigant injectées qui restent dans l'autoclave après deux rinçages (calcul théorique, très au-dessus de la réalité).

Vides réalisés pour les rinçages	Quantité de fumigant résiduelle
650	2 %
670	1,4 %
700	0,6 %

Le plus souvent, dans une station bien aérée, le vide de 650 mm. suffit. Celui de 670 mm. est assez fréquemment adopté, par prudence, quand on emploie le bromure de méthyle. Celui de 700 mm., qui a l'inconvénient d'exiger un fonctionnement assez prolongé des pompes, n'est à envisager que dans des circonstances exceptionnelles, par exemple lorsqu'on a mis en œuvre une concentration extrêmement élevée d'acide cyanhydrique (50 g./m³).

l'atmosphère de l'autoclave et celle de « cavernes », logettes de bruches dans des légumes secs par exemple (3).

Les traitements ont été répartis en deux catégories. Les **traitements rapides,** les plus fréquemment utilisés, correspondent à l'esprit même de la méthode. Les **traitements de nuit** ont été conçus pour ne pas perdre le temps qui s'écoule entre le départ des ouvriers, le soir, et leur retour le lendemain matin. Il se passe en général ainsi 12 à 15 heures que l'on peut utiliser pour une opération en mettant sous gaz les marchandises juste avant le départ du soir. Cette augmentation de la durée permet de réduire la concentration en fumigant. Celle-ci étant fonction, dans les appareils réglés une fois pour toutes, de la chute de vide, on est amené à réduire cette chute (4). La moins bonne pénétration mécanique dans la marchandise est compensée par l'accroissement du temps laissé à la diffusion. Ces traitements de nuit sont, comme on a pu le constater par l'expérimentation, encore très efficaces pour des durées inférieures, jusqu'à une limite minima pratique de 5 ou 8 heures.

Les méthodes indiquées ci-après ont été, pour plus de commodité, classées selon les marchandises auxquelles elles s'appliquent.

(3) Il s'agit, bien entendu, des logettes non encore désoperculées lors de la sortie des adultes ; la pénétration des gaz dans les « cavernes » désoperculées ne souffre pas de difficultés. Le maximum de résistance se rencontre chez les petites larves qui creusent encore leur voie en pleine matière amylacée et qui n'en sont pas encore venues au point de leur développement où elles préparent leur émergence future en creusant la voie de sortie jusque sous les téguments externes de la graine.

(4) Lorsque l'on remplace la chute de vide de 670 à 20 mm. par une chute de 670 à 70 seulement, il en résulte une économie de près de 8 % sur la consommation de fumigant.

Fruits secs (*Figues, dattes, pommes, poires, abricots, raisins, pruneaux*) (5).

Légumes séchés (*Champignons, tomates, aubergines, etc.*).

Céréales de consommation (*Blé, orge, avoine, riz, maïs, etc.*).

Biscuiterie, Confiserie, Chocolats.

Viandes séchées, Poissons séchés (6).

Fromages.

TRAITEMENT RAPIDE

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 670 — 20 — 2 R

Durée : 1 h. à 20° et au-dessus.
1 h. 15 entre 20 et 15°.
1 h. 30 entre 15 et 12°.

(5) **Back** et **Cotton** (12) ne recommandent pour les fruits secs qu'une concentration par mètre cube de 48 grammes d'oxyde d'éthylène et 432 grammes de CO^2 appliquée 1 ou 2 heures. Nos essais nous ont permis de constater que certains insectes (**Carpophilus** en particulier) résistent à ce traitement.

(6) Même fortement fumés, même saturés de sel, les poissons secs sont envahis par des chenilles de microlépidoptères. On a pu constater, pendant la guerre, de fortes attaques sur la morue salée et également sur les poissons qui font, pour l'A.O.F. et l'A.E.F., l'objet d'un commerce important.

(Il serait présomptueux de vouloir codifier dès maintenant les meilleures méthodes à appliquer dans les cas étudiés. Le texte décrit celles qui se sont jusqu'à présent signalées comme particulièrement efficaces, mais les espaces laissés libres dans le bas de cette page et des suivantes permettront aux lecteurs de noter à mesure les améliorations ou modifications dont ils auront reconnu la valeur).

NOTES

TRAITEMENT DE NUIT (*ou 5 h. au minimum*)

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 670 — 70 — 2 R

Bananes séchées ou fumées, de consistance souple (*les bananes sèches de consistance rigide et friable sont justiciables des traitements des fruits secs*).

TRAITEMENT RAPIDE

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 670 — 20 — 2 R

Durée : 3 h. à 20° et au-dessus.
4 h. entre 20 et 15°.

TRAITEMENT DE NUIT (*ou 8 h. au minimum*)

Ce traitement sera à mettre en œuvre chaque fois que la température tombera au-dessous de 15°. Il reste bien entendu utilisable au-dessus.

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 670 — 70 — 2 R

NOTES

Produits contenant une forte proportion de matières grasses (*Cacao non débeurré, fèves de cacao, noix* (7), *noisettes, amandes ou produits à base de ces graines*).

TRAITEMENT RAPIDE

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 670 — 20 — 2 R

Durée : 1 h. 30 à 20° et au-dessus.
2 h. entre 20 et 15°.
2 h. 30 entre 15 et 12°.

TRAITEMENT DE NUIT (*ou 8 h. au minimum*)

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 670 — 70 — 2 R

Arachides.

La teneur élevée en huile des arachides en coques rend la désinsectisation assez aléatoire et on n'obtient souvent qu'une mortalité de 95 % (dont le commerce se satisfait d'ailleurs en général). Il sera prudent de ne garantir qu'une mortalité de 90 %. Le traitement rapide ne donne pas de résultats convenables. On emploiera l'oxyde d'éthylène ou le bromure de méthyle.

(7) **Back** et **Cotton** (12) estiment même suffisante, pour les noix ou produits à base de noix, la concentration par mètre cube de 50 grammes d'oxyde d'éthylène et 450 grammes de CO^2 appliquée une ou deux heures.

NOTES

0 — 670 — 20 — 2 R, ou rinçages d'air frais à pression atmosphérique (8).

Durée : 14 heures minimum ; on peut prolonger sans inconvénient jusqu'à 24 heures.

Ces données ne s'appliquent qu'aux arachides de consommation en coques (9). Nous n'avons pas de précisions en ce qui concerne les semences ; les traitements ci-dessus seraient fort probablement dangereux pour la faculté germinative. L'acide cyanhydrique serait techniquement indiqué en ce cas, mais des réserves doivent être faites en ce qui concerne l'éventuel passage à la consommation d'arachides de semence ainsi traitées.

Tabacs en manoques ou manufacturés.

TRAITEMENT RAPIDE

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 720 — 20 — 2 R

Durée : 2 h. à 20° et au-dessus.
2 h. 30 entre 20 et 15°.
3 h. entre 15 et 12°.

TRAITEMENT DE NUIT (ou 5 h. au minimum)

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 670 — 70 — 2 R

(8) Voir plus loin « Légumes secs de consommation », note 11.

(9) Le traitement à appliquer à des arachides décortiquées serait probablement fort différent. En outre, il est probable que, dans les pays d'origine, les durées que nous recommandons pour les avoir essayées en Algérie pourraient être considérablement réduites, du fait de la chaleur. Ainsi, en A.E.F., où la culture de l'arachide est en plein développement, les températures à considérer pour les traitements varient pratiquement entre 26 et 30°.

L'oxyde d'éthylène sera choisi de préférence : il donne des résultats plus certains et plus réguliers que le bromure, surtout lorsqu'il s'agit de manoques en balles. Avec certaines de ces dernières (comprimées à 140 kgs/cm^2) traitées au bromure, nous avons en effet constaté des « ratés » et il a fallu tripler le temps d'exposition [10] pour obtenir des résultats invariablement complets. Cette modification diminue beaucoup l'intérêt du bromure.

Back et **Cotton** (12) considèrent également le tabac comme une des matières les plus difficiles à pénétrer. Ils recommandent, avec l'adjonction de 9 parties de CO^2 pour une d'oxyde d'éthylène,

— pour les tabacs à cigarettes :
96 g./m^3 d'oxyde d'éthylène/4 h. ou 88 g /15 h.

— pour la « tripe » des cigares :
80 à 88 g./4 h. ou 72 à 80 g./15 h.

— pour les feuilles de cape et sous-cape des cigares :
104 g./4 h. ou 96 g./15 h.

— pour les cigares terminés :
72 g./4 h.

---

(10) Il se pourrait également que le résultat fût atteint en mettant en œuvre un vide plus poussé. Il faudrait alors équiper les installations avec des pompes compound susceptibles de réaliser un vide industriel de 98 % (745 mm.) dans un temps acceptable (une vingtaine de minutes). Nous n'avons pu vérifier cette hypothèse faute d'un matériel réunissant toutes les conditions techniques et pratiques nécessaires.

NOTES

Légumes secs de consommation.

TRAITEMENT RAPIDE

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 720 (15') — 20 — 2 R, ou rinçages d'air frais à pression atmosphérique (11).

Durée : 1 h. à 25° et au-dessus.
1 h. 45 entre 25 et 20°.
2 h. 30 entre 20 et 18°.
3 h. entre 18 et 16°.
3 h. 45 entre 16 et 14°.
4 h. 30 entre 14 et 12°.
5 h. 30 entre 12 et 10°.

(11) Certaines stations (fig. 14) sont spécialement équipées pour traiter diverses marchandises en vrac et sous vide. On utilise dans ce but des autoclaves verticaux, cylindriques, dont les fonds supérieur et inférieur, de forme cônique, se terminent par des tubulures munies de dispositifs d'obturation étanches au vide. Dans ces appareils, la marchandise (céréales, maïs, légumineuses, fèves de cacao, café, semoule, tapioca, etc.) chargée par l'orifice supérieur est d'abord mise sous vide. Puis on laisse rentrer le mélange d'air et de fumigant et, simultanément, on opère, au moyen d'un turbo-ventilateur auxiliaire, un brassage actif dans la masse, de manière à assurer une circulation intensive des gaz, aspirés à la partie supérieure pour être refoulés à la partie inférieure sous un larmier circulaire faisant office de distributeur. Sous certains climats, ce circuit de brassage peut être équipé pour servir aussi de cycle de réchauffage, en y intercalant un appareil aérotherme chauffé électriquement ou à la vapeur.

Il convient d'insister sur le fait que le cas des marchandises **en vrac** est le seul où, pour un traitement de **DVP,** le brassage des gaz soit efficace. Le remplissage de l'autoclave est alors en effet **homogène** dans toute sa capacité et les gaz sont, par suite, obligés à pénétrer **uniformément** dans une masse de compacité en tous points égale. Ce même brassage est au contraire sans utilité lorsque la marchandise est divisée en colis séparés ; en pareil cas, la résistance qu'offre chacun d'eux à se laisser traverser par le courant gazeux est toujours incomparablement supérieure à celle qu'offrent leurs interstices, si bien que l'atmosphère imprégnant les colis reste quasi-stagnante au milieu d'une ambiance où l'on s'est évertué à créer des courants gazeux aussi violents que possible.

Le temps de désinsectisation écoulé, on substitue au rinçage d'air ordinaire, effectué par opérations répétées de vide, le rinçage par passage, à travers la masse traitée, d'un violent courant d'air frais : ce courant d'air élimine parfaitement la totalité du fumigant dans l'atmosphère intergranulaire, mais il en laisse subsister un certain pourcentage, précisément dans les « logettes » bien closes, d'où il a autant de difficultés à sortir qu'il en a eues à entrer. Ce fumigant y continue son action ; il représente,

TRAITEMENT DE NUIT

Oxyde d'éthylène ou bromure de méthyle.

0 — 720 (15') — 70 — 2 R

Dans le cas de graines destinées à la consommation et traitées à l'oxyde d'éthylène, le chef de station agira prudemment en avertissant l'intéressé de l'action germicide du traitement ; il se fera dégager de toute responsabilité pour le cas où elles seraient, contrairement à l'avis donné, livrées au commerce comme semences.

Légumes secs à destination incertaine (*consommation ou semence*).

Comme pour les légumes secs de consommation, mais avec le bromure de méthyle seulement, et jamais de traitement de nuit.

Semences.

TRAITEMENT RAPIDE

Celui-ci peut être effectué au bromure de méthyle de préférence (meilleure pénétration dans les marchandises) pour les graines mentionnées sur les listes limitatives ci-dessous. Les graines non mentionnées seront traitées à l'acide cyanhydrique.

au total, une quantité minime de gaz (le volume total des logettes closes est insignifiant par rapport au volume total de l'autoclave), mais il se trouve précisément rassemblé au point où sa présence est utile. D'autre part, il ne s'élimine qu'avec une lenteur telle qu'il ne peut créer de concentrations décelables dans l'ambiance.

Cette méthode d'aération est certainement la plus recommandable pour le traitement des marchandises en vrac. Elle s'appliquera également avec profit aux arachides si celles-ci sont expédiées, comme le veut l'orientation commerciale actuelle, à l'état décortiqué.

NOTES

BROMURE DE METHYLE

Listes limitatives des graines supportant le traitement rapide.

1° Aubergine, betterave, carotte, céleri-rave, chicorée, chou, concombre, courge, courgette, laitue, navet, oignon, piment, poivron, radis, roquette, soja, tomate. Blé tendre, blé dur, maïs, orge, sorgho. Caroube, luzerne, trèfle, vesce, tabac. Dolique, eugenia, feijoa, pacane, platane, sterculia.

0 — 670 — 20 — 2 R

Durée : 1 h. à 20° et au-dessus.
1 h. 15 entre 20 et 15°.
1 h. 30 entre 15 et 12°.

2° Fève, gland, haricot, lentille, pois, pois chiche.

0 — 720 (15') — 20 — 2 R

Durée : 1 h. 30 à 20° et au-dessus.
1 h. 45 entre 20 et 15°.
2 h. entre 15 et 12°.

ACIDE CYANHYDRIQUE

Toutes les semences peuvent être traitées par l'acide cyanhydrique. Dans le cas où il s'agit de semences consommables, il est indispensable d'obtenir des propriétaires l'engagement de ne pas livrer les marchandises ainsi traitées à la consommation.

0 — 720 (15') — 20 — 2 R

Dose d'HCN : 10 g./m³ (12).

Durée : 1 h. 30 à 20° et au-dessus.
2 h. entre 20 et 15°.
2 h. 30 entre 15 et 12°.

TRAITEMENT DE NUIT (ou 5 h. au minimum)

Même recommandation préliminaire que pour le traitement rapide.

(12) Lorsqu'il s'agira de semences très fines, et plus particulièrement de semences agglomérées en pelotes compactes par des acariens ou des larves séricigènes, cette concentration se montrera certainement insuffisante. Dans de telles masses, la pénétration de l'acide cyanhydrique est

BROMURE DE METHYLE

Listes limitatives des graines supportant le traitement de nuit.

1° Aubergine, céleri - rave, chicorée, chou, concombre, courge, courgette, laitue, oignon, poivron, radis, roquette, soja. Maïs, orge, sorgho. Caroube, luzerne, trèfle, vesce. Dolique, feijoa, platane, sterculia.

0 — 670 — 20 — 2 R

2° Pois chiche.

0 — 720 (15') — 70 — 2 R

ACIDE CYANHYDRIQUE

Toutes les semences peuvent être traitées. Même réserve, en ce qui concerne la consommation éventuelle, que pour le traitement rapide avec ce produit.

0 — 720 (15') — 20 — 2 R

Dose d'HCN : 5 g./m³ [13].

---

pratiquement nulle, celle de l'oxyde d'éthylène presque nulle ; celle du bromure de méthyle est elle-même difficile et requiert des expositions assez prolongées. La fixation du dosage à mettre en œuvre constitue alors un cas d'espèce et il ne faudra pas s'étonner si l'on reconnaît comme indispensables des concentrations triples, quintuples (et peut-être plus élevées encore) de celle que nous recommandons.

(13) Même remarque, en ce qui concerne cette concentration, que pour l'emploi de l'acide cyanhydrique en traitement rapide (voir note précédente).

NOTES

Pâtes alimentaires.

Celles-ci subissent le même traitement que les fruits secs (voir plus haut). Toutefois, l'analogie totale ne subsiste que pour les pâtes à haute résistance mécanique : macaronis, spaghetti, pâtes à potage, etc... Pour les pâtes fragiles (vermicelles, petites nouilles), certaines précautions opératoires doivent être prises, tendant à ralentir la chute du vide dans l'autoclave au moment de l'admission du fumigant et surtout lors des rinçages d'air. On remarque en effet depuis quelques années que beaucoup de fabricants ont adopté un nouvel emballage de leurs produits, sous cellophane, qui se caractérise par une étanchéité pratique presque parfaite. Cet emballage représente une garantie très importante et très à recommander contre la recontamination éventuelle par les charançons, mais il rend indispensables les précautions spéciales susdites. Ces pâtes sont en effet une marchandise fragile, cassante et qui se brise facilement, soit au moment de l'introduction du mélange fumigant/air, soit surtout au moment des rinçages d'air (ceux-ci sont en effet effectués le plus souvent à plein débit pour gagner du temps). On risque alors de créer, si les pertuis des sacs n'offrent qu'un passage très réduit, une surpression extérieure qui écrase les enveloppes et brise les pâtes qu'elles contiennent.

Il convient en conséquence de n'admettre l'air de rinçage qu'assez lentement, de telle façon que la tombée de vide de 650 à 0 mm. ait lieu en 5 minutes au moins, et que l'admission volumétrique, c'est-à-dire la chute manométrique, soient à peu près constantes dans le temps (130 mm. par minute). On devra donc, dans ce but, manœuvrer la vanne de rinçage. Faiblement ouverte au plus haut vide, on l'ouvrira de plus en plus à mesure que le vide diminuera. Cette précaution est souvent inutile en ce qui concerne l'entrée des gaz toxiques, rendue beaucoup plus lente par les diaphragmes.

Farines, Semoule.

On doit distinguer deux cas, selon que les parasites sont peu résistants aux fumigants (teignes, coléoptères et la plupart des insectes en général) ou qu'ils le sont beaucoup (acariens).

Pour les premiers, les traitements sont assez semblables à ceux préconisés pour les fruits secs ; seules les durées sont augmentées.

BROMURE DE METHYLE

TRAITEMENT RAPIDE

0 — 670 — 20 — 2 R

Durée : 1 h. 15 à 20° et au-dessus.
1 h. 45 entre 20 et 15°.
2 h. 30 entre 15 et 12°.

TRAITEMENT DE NUIT (ou 5 h. au minimum)

0 — 670 — 70 — 2 R

OXYDE D'ETHYLENE

TRAITEMENT RAPIDE

0 — 670 — 20 — 2 R

Possible seulement lorsque la température atteint ou dépasse 30°.

Durée : 6 heures.

TRAITEMENT DE NUIT (15 h. au minimum)

0 — 670 — 70 — 2 R

Il vaudra mieux, le plus souvent, employer le bromure de méthyle : avec des marchandises aussi finement divisées, l'oxyde d'éthylène donne parfois, si le taux d'humidité est un peu trop élevé, quelques échecs.

La haute faculté de sorption des gaz par ces produits subordonne l'efficacité du traitement à la distance que les gaz doivent parcourir avant d'atteindre le cœur de la marchandise (14). En conséquence, on ne pourra traiter de façon par-

(14) Il convient cependant de remarquer qu'on a le plus souvent à traiter des sacs de 100 kgs stockés et contaminés depuis un temps assez prolongé. L'infestation principale n'intéresse guère alors qu'une couche superficielle épaisse de 4 à 5 cm., exceptionnellement de 7 à 8 cm. L'aération y est meilleure qu'au centre, l'ambiance plus favorable à l'évo-

faite que des emballages de détail dont une au moins des dimensions est égale ou inférieure à 20 cm., les autres pouvant être, sans inconvénient, très supérieures à cette mesure.

Pour détruire les **acariens,** beaucoup plus résistants, dans les **petits** emballages, le dosage de 80 g./m³ de bromure de méthyle est absolument insuffisant : il faut le porter à 125 g./m³.

On emploiera la technique de vide :

O — 670 — 20 — 2 R

Durée : 1 h. 15 au-dessus de 20°.
1 h. 45 entre 20 et 15°.
2 h. 30 entre 15 et 12°.

Bien que nous n'ayons pu faire d'essais systématiques à ce sujet, il est probable que ce traitement sévère permettrait d'obtenir de bons résultats dans de **gros** emballages (sacs de 100 kgs) sur les **insectes** (mais non sur les **acariens**).

Il semblerait que l'on rencontre en ce cas un sérieux inconvénient de la méthode des introductions simultanées : une station réglée à 80 g./m³ ne peut, dira-t-on, traiter à 125 g./m³ lorsque le besoin s'en fait sentir. La critique est injustifiée car il suffit, dans toute installation où on prévoit cette éventualité, de monter à poste fixe en amont du mélangeur, en by-pass, un diaphragme doseur supplémentaire de

lution des vers. Un traitement, même imparfait, aura beaucoup de chances pour tuer la majorité des insectes de cette zone, ne laissant subsister que les individus anormalement enfoncés dans la masse. Ceux-ci créeront certes une cause d'infestation ultérieure, mais le but commercial sera à peu près atteint.

Le traitement est par contre beaucoup moins efficace si la farine a été transvasée juste avant le traitement. La contamination est alors aussi importante en profondeur qu'en surface et les résultats peuvent être très décevants.

Si même on laisse passer quelques jours entre transvasement et traitement, les formes mobiles émigrent vers les régions extérieures mieux aérées, mais il en est tout autrement pour les œufs et nymphes, qui restent sur place. L'échec, pour plus lent qu'il soit à apparaître de façon évidente, n'en est pas moins à redouter.

Un commerçant désireux de remettre sa farine en état aura donc intérêt à ne la tamiser qu'après la désinsectisation et non avant.

bromure de méthyle. Celui-ci, réglé pour un débit correspondant à 45 g./m^3, est ouvert en complément du premier (80 g./m^3) lors des opérations exigeant de fortes concentrations.

Il convient d'ailleurs de noter que les stations de transit ont rarement à résoudre ce problème : celui-ci se pose plutôt aux stations privées, c'est-à-dire à celles acquises par des industriels pour traiter leurs stocks en fin de fabrication ; c'est le cas, par exemple, des fabricants de farines de régime. Ces stations sont alors, bien entendu, réglées une fois pour toutes, à la dose unique de 125 g./m^3.

La puissante rétention des fumigants par la farine produit, en contre-partie de la difficulté que présente cette dernière à se laisser pénétrer par eux, des résultats fort intéressants pour la pratique. Ainsi, des usagers ont obtenu, en traitant au bromure de méthyle des sacs fortement contaminés, un succès bien plus complet et surtout plus durable que celui qu'ils attendaient.

Il est probable que ce fait doit être attribué à la persistance, dans les couches externes de la masse de farine, d'une certaine concentration de bromure plus ou moins absorbé, laquelle :

1° Constitue dans cette zone un milieu suffisamment toxique pour provoquer la mort des insectes qui, provenant des régions plus profondes, sont appelés à y séjourner longtemps.

2° Exerce une action insectifuge sur les insectes provenant de l'extérieur.

On a même signalé des sacs de farine traités, puis entreposés au voisinage de marchandises gravement contaminées, qui sont demeurés ensuite longtemps indemnes.

NOTES

Pommes de terre.

On ne doit pas faire de distinction entre les « semence » et les « consommation », une catégorie pouvant passer dans l'autre selon les besoins commerciaux du moment et du lieu. Ces tubercules ne pourront être traités, en conséquence, qu'au bromure de méthyle, en traitement rapide, et suivant les données ci-dessous.

0 — 670 — 20 — 2 R

Durée : 1 h. 30 à 20° et au-dessus.
1 h. 45 entre 20 et 15°.
2 h. entre 15 et 12°.

Graines de Cotonnier.
Bois bruts ou ouvrés.

BROMURE DE METHYLE

TRAITEMENT RAPIDE

0 — 720 (15') — 20 — 2 R

Durée : 1 h. 30 à 20° et au-dessus.
1 h. 45 entre 20 et 15°.
2 h. entre 15 et 12°.

TRAITEMENT DE NUIT (8 h. au minimum)

Seulement pour les bois, car il est dangereux pour la faculté germinative des graines de cotonnier.

0 — 720 (15') — 70 — 2 R

NOTES

ACIDE CYANHYDRIQUE

On ne traitera avec ce produit que s'il est impossible de traiter au bromure de méthyle. Les fortes concentrations d'acide cyanhydrique à mettre en œuvre présentent en effet un certain danger en ce qui concerne la relaxation ultérieure des quantités sorbées par les graines de cotonnier. En outre, ce produit, vis-à-vis des xylophages, a moins d'efficacité pratique (15) que le bromure de méthyle. Les raisons qui font parfois préférer l'acide cyanhydrique au bromure de méthyle sont les suivantes : — pour les graines de cotonnier, le moindre prix du traitement — pour les meubles rembourrés, la crainte de l'odeur désagréable dont le bromure provoque quelquefois l'apparition.

TRAITEMENT RAPIDE

0 — 720 (15') — 20 — 3 R

Durée : 2 heures.

Dose : 50 g./m³.

(15) Il serait plus exact de dire que l'acide cyanhydrique, en grande partie sorbé par la fine sciure et les excréments dont sont bourrrées les galeries, ne parvient plus au contact des insectes réfugiés au fond qu'à des concentrations très affaiblies.

NOTES

TRAITEMENT DE NUIT (ou 5 h. au minimum)

0 — 720 (15') — 20 — 3 R

Dose : 25 g./m³.

Le traitement des graines de cotonnier contre les « resting larvae » de **Pectinophora gossypiella** Saund. est donc extrêmement sévère. **Nikoliky** (34) signale bien que l'on peut traiter du coton en balles comprimées avec seulement 30 g./m³ d'HCN [16], la durée d'exposition aux vapeurs étant de 1 h. 30 et la technique de vide 0 — 635 — 125 — 0 — 2 R, mais ce traitement, à notre avis, ne donne pas une marge de sécurité suffisante et provoque souvent l'apparition de « ratés ». La pénétration profonde de l'HCN dans la masse de coton est difficile à réaliser ; même les traitements préconisés ci-dessus ne donneront de résultats satisfaisants que si l'épaisseur des couches de graines mal défibrées est inférieure à 15 cm. On devra donc réaliser cette disposition au moyen de claies. L'écartement entre les couches peut être très faible, 3 à 5 cm. par exemple.

L'emploi de l'oxyde d'éthylène pour le traitement des bois ne donne pas de résultats satisfaisants : comme l'acide cyanhydrique, il est presque totalement sorbé par la sciure obturant les galeries avant de parvenir au contact des insectes à détruire.

Ce fumigant n'est pas davantage à recommander pour les graines de cotonnier. Les fibres, s'il y en a, en absorbent une quantité importante nuisant à une bonne pénétration en profondeur. Si l'on a affaire au contraire à des graines très bien défibrées, on doit craindre que ce résultat n'ait été obtenu par l'action de l'acide sulfurique. En pareil cas, l'extérieur de la graine reste acide, ce qui provoque la destruction immédiate de l'oxyde d'éthylène dont la réaction est basique.

(16) **Mackie** (36) a même écrit que l'on peut se contenter, pour une même durée et à condition de porter le vide de pointe à 685 mm., d'une concentration de 20 g./m³. Les essais faits en Algérie dans ces conditions sur le même insecte (**Pectinophora gossypiella** Saund.) ont donné des résultats très insuffisants.

Textiles, laine et crin animal exceptés

(coton, soie, rayonne, crin végétal, kapok, alfa, chanvre, tissus cellulosiques, etc.).

TRAITEMENT RAPIDE

BROMURE DE METHYLE

0 — 720 — 20 — 2 R

Durée : 1 h. 30 à 20° et au-dessus.
1 h. 45 entre 20 et 15°.
2 h. entre 15 et 12°.

TRAITEMENT DE NUIT (ou 5 h. au minimum)

BROMURE DE METHYLE

0 — 720 — 70 — 2 R

Ces marchandises peuvent également être traitées à l'acide cyanhydrique, dans les mêmes conditions que la laine et le crin animal (v. paragraphe suivant).

Laine, Crin animal, Cuirs et Peaux.

OXYDE D'ETHYLENE

TRAITEMENT RAPIDE

0 — 720 — 20 — 2 R

Durée : 1 h. 30 à 20° et au-dessus.
1 h. 45 entre 20 et 15°.
2 h. entre 15 et 12°.

NOTES

TRAITEMENT DE NUIT (ou 5 h. au minimum)

0 — 720 — 70 — 2 R

ACIDE CYANHYDRIQUE

L'acide cyanhydrique ne sera jamais employé pour la laine ou le crin animal lorsque ces marchandises seront susceptibles d'être utilisées pour le couchage dans un délai inférieur à trois jours après traitement. Le chef de station signalera aux propriétaires des objets traités que ceux-ci devront être entreposés dans un local bien aéré pendant au moins deux ou trois jours.

TRAITEMENT RAPIDE

0 — 720 — 20 — 3 R

Dose : 20 g./m³.

Durée : 1 h. 30 à 20° et au-dessus.
1 h. 45 entre 20 et 15°.
2 h. entre 15 et 12°.

TRAITEMENT DE NUIT (ou 8 h. au minimum)

0 — 720 — 20 — 3 R

Dose : 10 g./m³.

Il convient de souligner que ces marchandises, souvent assez humides, présentent de ce fait une difficulté considérablement accrue à leur pénétration correcte par l'acide cyanhydrique. Il en résultera une sérieuse élévation des dosages à mettre en œuvre (trois et même cinq fois plus).

NOTES

Tissus végétaux vivants (*plantes vertes, fleurs coupées, plants, racines, tubercules et bulbes de plantes d'ornement*) ([17]).

ACIDE CYANHYDRIQUE

Les concentrations à adopter pour les végétaux vivants varient beaucoup, de 7 à 2 g./m³ et même moins, selon les espèces botaniques considérées, leur état végétatif et la temrature. La décision à prendre en chaque cas résulte d'une technique assez complexe, qui ne relève pas spécialement de la **DVP** et qui serait d'ailleurs trop longue à exposer pour pouvoir trouver place ici ([18]).

La durée des traitements est en général de 45 minutes, la technique de vide : 0 — 670 — 20 — 2 R.

On devra prendre garde à ne jamais traiter des plantes mouillées. Il faudra attendre le temps nécessaire au séchage ou au refroidissement :

— si les emballages (toile de sac, paille, fibres diverses) sont mouillés ;
— si la marchandise, longtemps exposée au soleil, se trouve à une température très supérieure à celle de l'ambiance de la station.

BROMURE DE METHYLE

Le bromure de méthyle a été essayé, parfois avec succès, en Amérique et en Belgique surtout. Malheureusement, il provoque souvent, sur beaucoup de végétaux, des brûlures

(17) La désinsectisation des plantes en motte doit être considérée comme une opération délicate, dont les résultats sont fréquemment insuffisants. Le diamètre de chaque motte, son humidité, la nature physico-chimique des éléments qui la composent représentent des facteurs trop variables pour qu'on puisse escompter, sans jamais nuire aux tissus végétaux, la mortalité totale et régulière des insectes de toutes familles.

Le traitement des plants à racines nues peut seul fournir une garantie phytosanitaire absolue.

(18) Il convient en outre de signaler que les espèces botaniques à traiter couramment varient selon les pays, les régions même. Un tableau indiquant, en regard de chacune, les concentrations à adopter dans les conditions les plus fréquentes représenterait à lui seul un volume. Ce travail d'ensemble n'existe pas, à notre connaissance ; il serait cependant fort utile.

graves, des défoliations complètes et même la mort des tissus ; on ne peut le préconiser pour la généralité des cas et il vaut mieux, tant que les répercussions de son emploi ne seront pas parfaitement connues, s'abstenir de l'utiliser.

Fruits frais.

BROMURE DE METHYLE SEULEMENT

TRAITEMENT RAPIDE SEULEMENT

0 — 670 — 20 — 2 R

Durée : 35 minutes à 25° et au-dessus.
45 minutes au-dessous de 25°.

Ce traitement présente le grave inconvénient de hâter la maturation de certains fruits (prunes et poires surtout) et diminue considérablement le délai pendant lequel ils sont en état de voyager (33). Le chef de station devra toujours en aviser préalablement les usagers.

Il est grandement regrettable que le traitement par l'acide cyanhydrique, absolument inoffensif pour la santé du consommateur, soit interdit par la législation française. Les recherches de **Quaintance** (1909), **Roberts** (1914), **Lutrario** (1921), **Neifert, Perrine** et **Duckett** (1923), les nôtres et bien d'autres encore ont en effet prouvé à maintes reprises que les quantités d'acide cyanhydrique retenues par les fruits frais n'existent le plus souvent qu'à l'état de traces dans la peau et sont absolument incapables de causer le moindre acci-

dent. Un consommateur qui mange l'amande d'une cerise ou d'une prune en absorbe des quantités bien supérieures Rappelons en outre que bien des fruits importés en France, ceux d'Amérique notamment, sont traités au départ à l'acide cyanhydrique ; personne ne s'en porte plus mal [19].

Williams, Chirurgien en Chef de la Santé Publique de l'Etat de New-York (39), s'exprime d'ailleurs ainsi à ce sujet :

« Le fait qu'il n'existe dans la littérature aucune référence concrète à un cas de mort par absorption des denrées fumigées est remarquable et vaut la peine d'être souligné. Un grand nombre d'auteurs se sont occupés de la question : l'absence de recherches ne peut donc être invoquée. La seule conclusion raisonnable est qu'il ne s'est pas produit de décès ayant cette origine... »

« Bien que l'on préfère formuler des conclusions d'après les résultats d'expérimentations scientifiques, il n'est pas possible de faire abstraction de ceux de la pratique lorsque tous tendent à la même conclusion et que leur étendue est suffisante pour que la pratique couvre la majeure partie des éventualités. La fumigation des aliments (note de l'auteur : Il ne s'agit pas seulement des fruits frais mais bien de **tous** les aliments) a été pratiquée pendant la durée d'une génération. Le volume total des aliments ainsi traités est important et on n'a jamais signalé un seul cas de mort ou même de maladie parmi les consommateurs. Il ne semble pas aventuré par conséquent de conclure que la fumigation des denrées alimentaires ne constitue pas une menace pour la santé publique. »

« L'importance des témoignages négatifs est telle que le Chirurgien Général du Service de la Santé Publique a pu dire en 1930 que son service n'avait eu connaissance d'aucun acci-

(19) Les techniciens américains redoutent fort peu la rétention de l'acide cyanhydrique : ils recommandent, dans leurs instructions officielles aux stations (36), le traitement des nougats, à haute teneur en huile, par ce fumigant (11 g./m³ — 1 h. 30 — Vide de pointe de 685 mm.). La sorption par les nougats, qu'ils reconnaissent d'ailleurs dans lesdites instructions, est cependant autrement plus élevée que celle par les fruits frais.

Back et **Cotton** (12) sont moins timorés encore. Ils recommandent 57 grammes d'acide cyanhydrique par tonne de farine, soit environ 25 g./m³ pendant 3 heures avec un vide de pointe de 710 mm.

dent causé à des êtres humains par la consommation de denrées traitées à l'acide cyanhydrique... »

« L'expérience de nombreuses années, couvrant l'usage de ce produit, nous donne une meilleure preuve de l'innocuité du traitement que ne le ferait une grande quantité de travaux expérimentaux. »

Pour les fruits frais, au cas où l'emploi de l'acide cyanhydrique serait autorisé en France, on pourrait sans crainte employer la concentration de 5 g./m³ pendant 45 minutes avec une technique de vide analogue à la précédente.

Désinsectisation simultanée de produits divers.

Leurs odeurs ne se communiquant pas, en pratique, des unes aux autres, toutes les marchandises peuvent être traitées dans un même autoclave, à condition que les fumigants à mettre en œuvre soient identiques. On adopte évidemment la durée la plus prolongée, sauf dans le cas où celle-ci peut présenter un danger (le plus souvent, action néfaste sur la faculté germinative de graines de semence). On choisit, de même, la technique de vide la plus sévère.

CHAPITRE V

RECONTAMINATION EVENTUELLE DES MARCHANDISES TRAITÉES

La destruction des insectes réalisée dans les stations de **DVP** est en général totale, mais il n'y a nullement, comme trop d'usagers le croient, immunisation sine die (1) des marchandises traitées. La nécessité d'éliminer de celles-ci la quasi-totalité du fumigant les laisse sans défense contre une recontamination éventuelle par de nouveaux insectes venant de l'extérieur. Il importe donc, autant qu'il est possible, de chercher à réunir les conditions suivantes :

1° Les emballages sont particulièrement soignés. Ils peuvent être minces et fragiles (feuilles de papier et même papier de soie, cellophane, toile fine, etc.), mais ne doivent pas comporter de solution de continuité (pliage imparfait, feuilles se recouvrant mal, piqûres, déchirures). Pour les produits en caisse, on doit garnir l'intérieur de celle-ci avec des feuilles de papier repliées ensemble sur leurs bords. Pour les produits en sac, le tissu le plus serré, ou le doublage en papier, ou le sac dit « de ciment » constitue le meilleur emballage.

2° Les véhicules apportant et remportant les marchandises sont, pendant le temps de la désinsectisation, soigneusement balayés, ou lavés à grande eau si, pour une raison quelconque, ce balayage semble devoir être peu efficace (mouillage du plateau par la pluie, qui y colle les souillures ainsi qu'aux ridelles).

(1) Une certaine immunisation apparaît certes, comme nous l'avons constaté pour les produits fortement absorbants, farine, semoule, tabac par exemple. Les marchandises traitées, pour les raisons déjà exposées lorsque nous avons étudié la désinsectisation des farines, se défendent d'elles-mêmes contre la réinfestation, mais cette auto-défense n'est pas indéfinie. Elle prend fin après quelques mois au plus.

3° A moins que les emballages ne soient parfaitement étanches aux insectes (2), sacs de tissu serré, ou doublés de papier, ou caoutchoutés, boîtes de carton à pliages collés, récipients métalliques bien clos, la marchandise traitée ne doit jamais être replacée dans le magasin d'où elle provient, à moins que celui-ci, parfaitement vide, n'ait été désinsectisé entre temps de façon vraiment efficace par une fumigation ou l'application d'un énergique insecticide de contact.

La première de ces trois séries de mesures est souvent, en pratique, la plus difficile à appliquer. On doit malheureusement reconnaître que les deux suivantes, beaucoup plus simples, et même absolument élémentaires, ne sont pas davantages observées. C'est contre cette négligence qu'il importe de lutter et d'entreprendre l'éducation des usagers des stations.

Une excellente mesure de défense complémentaire est également à préconiser dans les cas où l'on prévoit un stockage assez prolongé de la marchandise dans des locaux infestés ou suspects. Elle consiste à imprégner les emballages d'un insecticide de contact puissant et à effet prolongé.

Le DDT est préféré lorsque la marchandise à défendre possède un arome délicat qu'il importe de ne pas altérer ; le HCH (Hexachlorocyclohexane) est excellent dans toutes les autres circonstances.

Ces produits peuvent être utilisés par pulvérisation d'émulsions ou de suspensions, ou en poudrages, pour protéger de la recontamination des emballages déjà traités par la **DVP** et mis ensuite en place dans le magasin de stockage ; en ce cas, l'application doit suivre immédiatement la fumigation et l'emmagasinage.

L'idéal est de traiter les emballages à part avant la DVP. Ceux-ci sont imprégnés, vides, par trempage dans un liquide (solution ou émulsion) contenant le produit actif. Après séchage, ils sont emplis de la marchandise contaminée. La **DVP** y tue ensuite les insectes. Dès ce moment, et pour une

(2) Les Anglo-Saxons disposent d'un terme bien commode : « Insect-proof » qui, en un seul mot, signifie « à l'épreuve des insectes », et qui s'applique aussi bien à des constructions d'habitation qu'à des armoires à vêtements, à des sacs, etc...

période aussi prolongée que persiste l'action de l'insecticide de contact (pratiquement toute une saison chaude), la marchandise est parfaitement immunisée, quelles que soient les conditions de transport et de stockage. Une seule réserve est à faire en ce qui concerne l'intégrité des emballages ; il est bien certain qu'une déchirure, un trou, une solution de continuité quelconque permettant aux pondeuses de gagner directement la marchandise sans être obligées d'errer longuement au contact mortel de l'enveloppe extérieure ruinent toutes les précautions préalablement prises.

Un traitement par pulvérisation ou poudrage des murs et plafonds des locaux de stockage complète les mesures de sécurité.

L'ensemble de toutes celles-ci rend facile et sans aléa la conservation prolongée des marchandises les plus délicates et les plus fréquemment attaquées.

CONCLUSION

Nous ne nous flatterons certes pas d'avoir réuni dans ce modeste ouvrage toutes les notions, et surtout tous les résultats des travaux concernant la **DVP** [1].

Nous avons seulement tenté de dégager aussi judicieusement que possible, parmi une bibliographie déjà relativement importante et nos notes personnelles, les principes techniques dont la connaissance est véritablement indispensable. Chacun de ces principes est lui-même étayé par une explication scientifique et démontré par des expérimentations dont nous avons donné les références bibliographiques.

La **DVP** a pris, surtout en Amérique et dans les pays de langue française, un essor tel que son utilité apparaît de jour en jour plus évidente grâce aux démonstrations pratiques que fournissent sans cesse les stations en service. Elle n'est évidemment pas devenue en France un « passe-temps national », comme le dit **Stiner** pour la fumigation à pression atmosphérique des figues en Turquie [2], mais les milieux agricoles et commerciaux intéressés savent qu'elle existe. C'est un grand pas de fait dans la réalisation de l'immense programme d'ensemble que nous imposent nos tenaces ennemis, les insectes.

Au cours des siècles passés, ceux-ci ne se sont jamais montrés, semble-t-il, plus abondants, plus agressifs, plus dangereux aux points de vue économique et social. Et les moyens de transport rapide n'ont jamais été si favorables à leur cosmopolitisme, à leur propagation dans le monde entier.

---

(1) Bon nombre de travaux sur la désinsectisation à pression atmosphérique sont directement ou indirectement applicables à la **DVP.** Un facteur de correction plus ou moins important intervient toujours vis-à-vis des données quantitatives mais, qualitativement, ces recherches fournissent des indications de même sens que celles que l'on peut recueillir en **DVP.**

(2) Fig fumigation has become a commercial success in Turkey. And, besides, it has captured popular interest until it is somewhat of a national pastime (44).

Il existe par exemple un tout petit pays, particulièrement bien isolé par l'Océan de tout contact direct avec les contrées les plus voisines, la Nouvelle-Calédonie, à un jour et demi de mer des Nouvelles-Hébrides, à quatre de l'Australie. En une période de dix ans, cette île grande comme deux ou trois départements français a enregistré l'acclimatation de trois parasites nouveaux fort nuisibles : un moustique, une tique du bétail, un scolyte du caféier. Or, l'élevage et la production du café comptent parmi les principales ressources des habitants...

Quant à nos réserves de toute nature, aussi bien en France métropolitaine que d'outre-mer, les attaques, souvent victorieuses, hélas ! qu'elles subissent, ne nous laissent guère de répit ; insectes et acariens coûtent bien cher à notre économie nationale. Monoculture intensive ou extensive, création d'énormes stocks locaux ou régionaux, séjour parfois prolongé de ceux-ci dans des magasins plus ou moins appropriés, en sont les causes cependant inévitables.

La **DVP,** parmi d'autres, et devenue une de nos armes les plus utiles. Son efficacité, son grand rendement, présentent un tel intérêt qu'il devient indispensable de lui accorder l'attention qu'elle mérite.

La France a suivi de près le Nouveau Monde dans cette voie. Et, certes, il eut été mieux que notre travail accordât une plus large place aux réalisations américaines. Nous ne disposons malheureusement sur celles-ci que d'une documentation bibliographique. Bien que libéralement dispensée par nos excellents amis d'Outre-Atlantique, celle-ci ne peut remplacer la documentation visuelle, c'est-à-dire l'examen et la critique sur place des méthodes et du matériel. Mais une mission coûte cher...

Nous avons donc dû nous contenter d'étudier l'outillage de fabrication française ; approuver ou critiquer le matériel américain d'après les seuls plans et photographies en notre possession eut été folie. De nombreux « trous » seraient apparus dans l'ouvrage et auraient pu nous être justement reprochés par tous les techniciens avertis.

En ce qui concerne les dépenses relativement importantes qu'entraînent de telles installations, il n'est besoin, pour les

légitimer, que de mettre en regard l'importance des pertes que leur utilisation permet d'éviter. Pertes en quantité certes, et pertes beaucoup plus significatives encore en qualité et en standing commercial pour le producteur qui, souvent, n'attache pas assez d'importance aux problèmes de conditionnement et de présentation. Qu'une station traite seulement, annuellement, 20.000 tonnes de fruits secs à 100 francs le kilog., et on constate que les 10 % de perte minimum évités représentent une valeur bien supérieure, dès la première année, au prix du terrain, des bâtiments et du matériel. Et l'on doit ajouter que, bien entretenu, ce dernier est pratiquement inusable et n'entraîne que de loin en loin des frais de réparations.

Aucun autre procédé enfin de la lutte contre les insectes ne permet d'obtenir les résultats d'une fumigation avec vide préalable correctement pratiquée. Ces résultats sont totaux, facteur de succès aussi indispensable que précieux dans l'ensemble des mesures de protection phytosanitaire internationale. Quelle pulvérisation, quel poudrage, peuvent parvenir à la même perfection ?

Certes, les progrès de la **DVP** continueront. Certes, on trouvera demain un matériel mieux adapté, des fumigants plus actifs. Mais il ne faut pas accorder à ces espoirs trop d'importance : la solution de nombre de problèmes actuels ne réside peut-être pas tant dans de nouvelles découvertes matérielles que dans une analyse et une connaissance sans cesse plus approfondies des moyens dont nous disposons déjà.

Ceux-ci, à l'heure actuelle, ont fait leurs preuves. Dans un domaine chaque jour plus vaste, leur généralisation constituera, pour les pays qui auront su prendre dans cette voie les initiatives voulues, l'assurance d'un avantage commercial dont la portée ne pourra aller qu'en s'accentuant.

ANNEXE

LES FUMIGANTS [1]

Bromure de méthyle

Le bromure de méthyle — CH^3Br — connu d'abord comme produit pharmaceutique, fut employé ensuite comme extincteur (à bord des avions surtout) puis comme agent frigorigène.

Sa valeur insecticide ne fut découverte qu'en 1929 ; elle fut rapidement reconnue et ce corps est aujourd'hui mondialement utilisé.

CARACTERES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

La densité du liquide est 1,732 à 0° et 1,691 à 15°. Bouillant à 4°5 environ, il exerce, par rapport à l'atmosphère, sur les parois des récipients qui le contiennent, des pressions de : 0 kg. 300 à 10°, 0 kg.900 à 20°, 1 kg. 300 à 25°, 1 kg. 700 à 30°. Il est peu soluble dans l'eau (6 à 10 grammes par litre à 18°), mais dissout parfaitement les corps gras et le caoutchouc naturel. Il n'attaque pas les métaux ni les couleurs, ni aucune des marchandises fumigées ordinairement. Il est pratiquement ininflammable.

Son odeur douceâtre rapppelle un peu celle du chloroforme, mais est si légère que beaucoup ne la perçoivent pas.

Bien que stable, il subit, en présence d'humidité, une hydrolyse donnant naissance à de l'acide bromhydrique ou peut-être à des acides oxygénés du brome. Même sans cette influence,

(1) Cette partie, indispensable pour compléter cet ouvrage, a été extraite d'un de nos livres précédents (5) où elle est traitée plus en détail, tout particulièrement en ce qui concerne les intoxications éventuelles et les méthodes thérapeutiques à mettre en œuvre.

il semble bien qu'il se décompose partiellement à la longue dans les récipients de stockage en donnant naissance à de nouveaux corps plus volatils et de puissance insecticide plus réduite ; ce « vieillissement » est encore mal connu et des études sont nécessaires, tant pour le prouver de façon absolue que pour expliquer le mécanisme de son action et en déterminer les résultats.

Quelques gouttes projetées sur la main provoquent une sensation glaciale. Aucune recondensation au cours des fumigations n'est à craindre ; on pourrait, en effet, chasser complètement l'air d'un autoclave et le remplacer par des vapeurs pures sans que ce phénomène apparaisse. Ces vapeurs sont très lourdes, 4 gr. 2 par litre.

ACTION SUR LES PRODUITS TRAITES

Les vapeurs de bromure conviennent parfaitement pour le traitement des marchandises riches en eau.

Elles sont, en effet, fort peu absorbées par celles-ci et ne présentent aucun danger pour le consommateur.

D'une part, les très faibles quantités retenues s'hydrolysent pour donner de l'acide bromhydrique suivant la formule :

$$CH^3Br + H^2O = CH^3OH + HBr$$

L'acide ne se maintient pas sous cette forme ; il se fixe chimiquement très vite en donnant naissance à des bromures minéraux ou à des complexes organiques absolument inoffensifs, mais parfois nauséabonds ; ainsi en est-il de fourrures, matelas, lainages qui dégagent pendant des mois, après un traitement, une odeur spéciale fort désagréable [2].

D'autre part, après un traitement, la plus grande partie du bromure imprégnant la marchandise disparaît par diffusion

(2) Cette particularité semble devoir être reliée à un autre fait constaté pendant la guerre : des harnais de cuir imparfaitement tanné sont entrés en putréfaction peu de temps après la fumigation d'une sellerie militaire. La liposolubilité du bromure pourrait ne pas être étrangère à ces deux constatations.

Il se pourrait également que le bromure de méthyle agisse en libérant, par un processus que nous ignorons, des substances gazeuses dégagées lentement par le corps humain (ou animal), énergiquement adsorbées auparavant par les tissus ou fourrures ayant été « portés », ou par les matelas ou rembourrages de meubles ayant longtemps servi.

dans l'atmosphère. Il n'en reste, sous la forme bromure de méthyle, que des quantités insignifiantes ; des essais précis ont prouvé que des dattes traitées sous vide à 50 g./m³ pendant 1 h. 30 ne contenaient plus, quarante-huit heures après le traitement, que 10 à 15 mgr. de bromure de méthyle par kilogramme. Dix jours après le traitement, la quantité retenue n'était plus que le 1/10e de la précédente (3). Il est bien certain que des quantités aussi faibles sont sans action sur la santé humaine.

Mais le bromure de méthyle est beaucoup mieux absorbé par les marchandises riches en corps gras (graines oléagineuses). Les mêmes phénomènes chimiques ultérieurs interviennent cependant, rendant rapidement inoffensive la consommation des produits traités.

Les fumigations au bromure ne modifient en rien, dans les conditions pratiques, l'arome, le goût, la teneur en vitamines et les autres qualités des denrées traitées. Par contre, elle présente une particularité gênante en ce qui concerne les fruits frais : elle accélère considérablement leur vitesse de maturation. Des prunes, des poires presque vertes, par exemple, mûrissent, après traitement, en 2 ou 3 jours au lieu de 10 ou 15 ; elles restent d'ailleurs excellentes et leur consommation ne présente aucun danger.

L'action du bromure sur la faculté germinative des semences est en général faible et souvent nulle. Le blé surtout semble montrer quelque sensibilité et perd, après certains traitements, 10, 15 et même 20 %. On a précisé, dans le Chapitre IV réservé aux méthodes de traitement, les modalités d'application du bromure de méthyle aux semences.

TOXICITE POUR L'HOMME

Le contact prolongé du liquide ou des vapeurs concentrées avec la peau peut provoquer des brûlures avec cloques. Par exemple, le port de gants de caoutchouc naturel pour mani-

(3) Analyses de MM. **Giberton,** Professeur de Chimie Biologique, et **Grangaud,** Professeur agrégé de Chimie, à la Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie d'Alger.

puler le bromure liquide est à déconseiller, le bromure se dissolvant dans le caoutchouc et assurant ainsi un contact prolongé.

Par contre, des contacts rapides, même sur des parties délicates (yeux) ne présentent aucun danger.

Le principal inconvénient de l'emploi du bromure de méthyle réside dans le fait que ses vapeurs sont à la fois très toxiques pour l'homme et très peu actives sur son odorat, même à des concentrations déjà importantes ; certaines personnes même ne les perçoivent pas.

Il convient avant tout de préciser que son action toxique se manifeste sur les mammifères, comme sur les insectes, avec un retard de plusieurs heures ; cette particularité le rend redoutable puisqu'elle permet à un homme ayant déjà inhalé des quantités dangereuses de bromure de rester sans méfiance dans une atmosphère toxique jusqu'à atteindre et dépasser le seuil mortel. Une sensation d'ébriété plus ou moins nette est souvent le seul symptôme que ressente l'individu condamné lorsqu'il revient à l'air libre ; l'échéance fatale peut se faire attendre quelques heures, quelques jours : elle n'en est pas moins certaine.

Des essais faits sur souris, lapin et chien, ont révélé comme mortelle, dans les 1 à 6 heures qui suivent le traitement, une constante de 35 environ (1,6 g./24 h., 35 g./1 h., 80 g./25 minutes). Des jeunes rats sont tués à la constante de 6,75 (15 g./27 minutes) en moins de 24 heures. Des rats adultes, à la constante 13,5, soit 40 g./20 minutes, meurent au bout de 24 à 48 heures (essais personnels).

S'appuyant sur les derniers essais, on peut considérer qu'une concentration de 1,7 g./m^3, respirée 4 heures, temps de travail continu normal d'un ouvrier, donne la constante 6,8 qui a beaucoup de chance d'être mortelle ou de causer tout au moins des accidents graves.

Les symptômes de l'intoxication varient évidemment suivant la concentration initiale. Ce sont d'abord des maux de tête, de la fatigue, des vertiges, des vomissements, souvent aussi des troubles de la vue (diplopie), de la faiblesse ; la démarche est incertaine et on constate souvent la perte de

l'équilibre. On note encore des tremblements, des crampes, l'inconscience.

En cas d'inhalation de faibles concentrations, ces symptômes de début peuvent faire complètement défaut pour ne se manifester qu'au bout d'un certain temps, plusieurs jours parfois. Ils peuvent aussi disparaître d'abord, puis réapparaître après une latence de plusieurs heures, jours, et même semaines ; ils sont alors beaucoup plus sérieux : convulsions, crampes épileptiformes, contractions d'un groupe musculaire, diplopie, hémorragie de la conjonctive, dilatation pupillaire, parfois aussi élévation de la température.

Dans les cas très graves apparaissent le délire et le délire furieux. La mort dans le coma n'est pas exceptionnelle.

La persistance de l'intoxication est possible dans les cas graves. La convalescence ne progresse alors que lentement. Des séquelles peuvent être constatées des mois ou des années : démarche mal assurée, fatigue, perte de mémoire, irritabilité, exagération des réflexes, fringales, diminution de l'acuité visuelle. Certains de ces symptômes peuvent se maintenir même dans des cas peu graves.

Dans la pratique cependant, où toutes les précautions doivent être prises, il semble que l'inhalation de dosages minimes ne présente pas par elle-même une grande importance. On constate toujours, en effet, lors de l'examen d'un cas, qu'il a existé, avant l'intoxication incriminée, une probabilité d'inhalation temporaire de dosages relativement élevés, de l'ordre de 5 g./m^3 peut-être.

Il n'en reste pas moins que des inhalations répétées de dosages faibles pourraient sans doute provoquer à la longue une sensibilisation de l'individu, sensibilisation qui le rend plus vulnérable le jour où il est amené accidentellement à inhaler des doses un peu plus importantes, qui n'auraient aucun effet sur un sujet non sensibilisé. Il y aurait une sorte d'anaphylaxie.

Mais ce ne sont là que des hypothèses qui demandent une confirmation expérimentale.

PRECAUTIONS D'EMPLOI

Pour prévenir dans toute la mesure du possible des intoxications par le bromure de méthyle, le moyen le plus efficace, parce que permanent, consiste à l'additionner d'un corps fortement **avertisseur,** qui alerte les intéressés non munis de masques, sans paralyser ni gêner leur action, dès qu'ils en perçoivent l'odeur. C'est pourquoi on utilise de préférence aujourd'hui l'**acétate d'amyle** qui, à la dose de trois pour mille dans le bromure, dégage à la moindre fuite une forte odeur de bonbon anglais.

Un autre procédé, à utiliser également en permanence, réside dans l'emploi de la **lampe détectrice à halogénures.**

Le troisième moyen, à mettre obligatoirement en œuvre lorsqu'il est nécessaire de pénétrer sans délai, sans pouvoir réaliser une aération préalable, dans une atmosphère dangereuse (pour procéder par exemple à une réparation urgente), est représenté par le **port du masque.** Le masque isolant est évidemment le plus sûr, mais il est coûteux, lourd, et son entretien exige certains soins. Le masque filtrant est suffisant, à condition qu'il contienne une grosse quantité (un litre et demi au moins) de bon charbon activé, fraîchement régénéré si possible à la vapeur surchauffée, et **aussi sec que possible.** Une telle cartouche « tient » théoriquement près de 2 heures à la concentration de 10 g./m^3. Pratiquement, on l'emploiera au maximum une heure. Les opérateurs ne doivent pas essayer de la conserver plus longtemps en alléguant « qu'elle est encore efficace puisqu'elle arrête l'odeur de l'avertisseur ajouté au bromure ». Ce serait une faute à conséquences peut-être mortelles. Non seulement en effet, lorsque la cartouche est saturée de bromure, elle arrête encore parfaitement l'acétate d'amyle, mais déjà ce dernier déplace et libère le bromure fixé sur le charbon. Du bromure se trouve ainsi inhalé à une concentration plus forte que celle de l'ambiance. Enfin, la régénération du charbon est une opération si simple, si peu coûteuse (et qui a même, comme nous l'avons constaté, l'avantage d'accroître la puissance adsorbante dans des proportions notables), qu'il n'y a aucune raison pour « économiser » les cartouches.

Oxyde d'éthylène

CARACTERES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Ce produit est un fumigant de première importance. Son utilisation, assez récente, date de 1928 où il fut essayé simultanément en Amérique et en Allemagne. Il fut ensuite rapidement vulgarisé.

Sa formule est C^2H^4O ou, plutôt, $CH^2\text{-}O\text{-}CH^2$.

A l'état pur, c'est un liquide transparent, incolore, très mobile, d'odeur nettement vineuse et non désagréable. Le litre pèse 0 kg. 885 à 10°. Le produit industriel ne doit pas contenir plus de 1 % d'impuretés non volatiles à 40°. Mélangé avec l'eau à 0°, l'oxyde d'éthylène semble former avec elle un hydrate isomérique avec l'aldéhyde éthylique dont il possède plusieurs propriétés et ne diffère que par un assemblage moléculaire différent. En tube scellé et porté à 100°, il s'unit à l'eau pour donner du glycol. La même réaction s'opère, mais lentement, aux températures ordinaires.

En présence d'acide chlorhydrique ou de chlorures métalliques, tout particulièrement de chlorure de magnésium et aussi de chlorure de sodium dans la mesure où ce dernier se trouve hydrolysé, il donne la monochlorhydrine du glycol, corps très toxique et dont l'activité envers les insectes est connue. Ces réactions sont intéressantes en raison de la présence d'acide chlorhydrique dans le suc gastrique et de celle de chlorure de sodium dans tous les liquides organiques. La toxicité de la monochlorhydrine ne peut malheureusement être utilisée en désinsectisation en raison de sa trop faible tension de vapeur ; d'autre part, ce produit a une tendance à la réversion de la réaction en présence d'humidité, avec libération d'acide chlorhydrique dommageable à la fois aux marchandises traitées et aux appareils.

L'oxyde d'éthylène est un solvant puissant ; il est miscible en toutes proportions avec les hydrocarbures liquides, les hydrocarbures halogénés, les huiles végétales, l'eau, les éthers, esters, alcools et aldéhydes. Il ne dissout pas le

caoutchouc synthétique, mais dissout le caoutchouc naturel qui, au contact de ses vapeurs, gonfle et se ramollit à l'extrême. Il est soluble dans la glycérine, mais en proportion assez faible : un contact direct de 2 heures à la température de 15° provoque une dissolution voisine de 6 % d'oxyde dans la glycérine. Les peintures, laques, vernis, enduits à base de cire, sont dissous par le liquide, mais ne sont pas altérés par les vapeurs aux doses d'emploi ordinaires.

L'oxyde bout, selon son degré de pureté, entre 10°5 et 13°5. Il exerce sur les parois des récipients qui le contiennent les pressions suivantes (par rapport à l'air) : 0 kg. 100 à 15° — 0 kg. 500 à 20° — 0 kg. 800 à 25 — 1 kg. 200 à 30° — 2 kg. à 40°. Les vapeurs pèsent, en poids absolu, 1 gr. 97 par litre. Elles sont extrêmement avides d'eau : si on renverse sur une cuve à eau une éprouvette emplie de ces vapeurs, l'eau l'envahit et monte instantanément jusqu'à son sommet.

Cette avidité vis-à-vis de l'eau, encore augmentée aux basses températures, risque, si l'on n'en tient pas compte lors des fumigations, de provoquer des échecs dans les marchandises fortement humides ou accidentellement mouillées (pluie). Les accroissements d'efficacité constatés aux températures élevées, supérieures à 25° par exemple, relèvent donc, non seulement d'une augmentation de la respiration des insectes, mais aussi très probablement du fait que, à chaud, les quantités de gaz libres dans l'atmosphère des marchandises fumigées restent plus grandes. L'absorption augmente de façon considérable dès que la température tombe au-dessous de 21 ou 20°.

Quant au glycol, dont de faibles quantités se forment lentement dans les marchandises traitées, c'est un produit soluble en toutes proportions dans l'eau. Incolore, inodore, de consistance un peu visqueuse, il a une saveur sucrée et légèrement aromatique. Il n'exerce aucune action toxique sur l'homme, même si les aliments en contiennent une forte proportion. Or, en supposant que des fruits secs traités sous vide à 150 g./m³ d'oxyde d'éthylène en retiennent 1/5e, proportion nettement exagérée, ils ne contiendraient finalement après combinaison que 100 milligrammes de glycol par kilogramme de fruit, quantité négligeable à tous points de vue.

L'oxyde d'éthylène n'attaque pas les métaux ; au contact du cuivre seulement, il se colore à la longue en bleu, mais l'attaque est si faible qu'elle n'a aucune importance pratique.

Il est inflammable, quoique beaucoup moins que le sulfure de carbone : une flamme ou une étincelle sont nécessaires. Un point en ignition, comme celui d'une cigarette, ne suffit à enflammer ni les vapeurs ni le liquide ; plongé dans celui-ci, il s'y éteint même. La flamme est jaune clair et vive.

La réaction de combustion étant la suivante :

$$C^2H^4O + 5\ O = 2\ CO^2 + 2\ H^2O,$$

on constate que, pour brûler 44 grammes d'oxyde, il faut environ 80 grammes d'oxygène, soit environ 320 grammes d'air. La combustion complète de 150 grammes d'oxyde exige donc 1.090 grammes d'air. Dans des autoclaves à vide, où l'on emploie précisément cette concentration d'oxyde, on constate que les conditions optima d'explosion se trouvent ainsi réalisées. Il a donc fallu, pour éliminer toute possibilité de catastrophe, mettre en œuvre un anticomburant, celui-ci agissant tant par son effet anticomburant propre que par la diminution de la quantité d'oxygène qu'entraîne sa présence dans une enceinte donnée. Le mieux adapté, pour de multiples raisons, s'est trouvé être l'anhydride carbonique dont il a été parlé au Chapitre premier.

L'oxyde d'éthylène, conservé trop longtemps, se polymérise parfois. En ce cas, il sort des récipients de stockage sous forme d'un liquide plus ou moins visqueux, quelquefois même pâteux, grisâtre et écumant. Les professionnels le comparent à de la « bave de chien ». Aux doigts, il laisse une sensation de froid, d'autant plus faible que la polymérisation est plus avancée, en tout cas toujours bien moindre que celle du produit correct. Après évaporation complète de l'oxyde non polymérisé qu'il contient encore, le résidu se présente sous l'aspect d'un corps spongieux, assez soluble dans l'eau tiède, plus ou moins grisâtre ou noirâtre, collant aux doigts, rappelant un peu du caoutchouc vieilli. Il est bien évident que les récipients contenant de l'oxyde ainsi altéré doivent être renvoyés en usine ; d'ailleurs, ils se bouchent fréquemment.

En raison du bas point d'ébullition de l'oxyde, on peut en employer toutes les doses désirables sans risques de recondensation.

ACTION SUR LES PRODUITS TRAITES

Les marchandises traitées ne conservent pas l'odeur de l'oxyde d'éthylène (4). Le tabac toutefois voit sa « force » (non son arome) légèrement diminuée ; cette particularité constitue pour certaines variétés un avantage, pour d'autres un petit inconvénient que les industriels ont appris à corriger en modifiant préalablement en conséquence leurs coupages.

Par contre, l'emploi de l'oxyde d'éthylène ne peut être envisagé avec sécurité pour la désinsectisation des fruits et légumes frais ; aux concentrations mises en œuvre, sous vide partiel (100 g./m^3 au moins, 150 grammes au plus), il altère gravement la plupart de ceux-ci et, plus particulièrement, les pommes de terre, tomates, pommes, poires, citrons, mandarines et surtout les bananes. Les bulbes de certains oignons à fleurs sont très affectés.

Le traitement des grains de consommation est possible et donne même toute satisfaction, mais non celui des semences. Celles-ci voient leur faculté germinative gravement compromise, parfois, en pratique, complètement détruite, même à des doses paraissant insignifiantes (23 g./m^3, soit 3 grammes par quintal de grains). Certaines semences potagères ou fourragères résistent assez bien (betterave, fève, certaines variétés de haricots, laitue, lin, mâche, pois, soja, tomate), ou sont à peine touchées (carotte, chicorée, chou, certaines variétés de haricots, navet, piment, pois de senteur, trèfle) ; mais les limites dangereuses sont si étroites et les risques si sérieux que, d'une façon générale, et pour plus de sécurité, il vaut mieux éviter tout emploi de l'oxyde d'éthylène dans la désinsectisation des semences.

(4) Certaines marchandises (oléagineuses) conservent cependant pendant quelque temps de l'oxyde libre. Par exemple, si l'on introduit dans des arachides, quelques heures après un traitement suivi d'aération, des individus de leur bruche spécifique (**Pachymerus accaciae**), ceux-ci ne tardent pas à mourir. Ce phénomène dure d'autant plus que le récipient d'élevage, plus étanche, s'oppose davantage à la perte des vapeurs par diffusion dans l'atmosphère.

VALEUR ANTISEPTIQUE

L'oxyde d'éthylène présente une dernière qualité à laquelle les chercheurs ne se sont pas encore attachés, semble-t-il, autant qu'elle le mérite : sa puissance antiseptique. En solution aqueuse, à de très faibles concentrations, il donne déjà d'excellents résultats ; il arrête en particulier les fermentations vinaire, acétique ou autres, dans des conditions au moins égales à celles de l'anhydride sulfureux ; il empêche la décomposition des fruits, de leurs jus.

A l'état gazeux, ses vapeurs sont nettement plus actives que celles du formol.

Quelques essais, trop peu nombreux, ont prouvé tout d'abord son efficacité sur la plupart des cultures microbiennes aux constantes comprises entre 800 et 500 (200 g./m³/4 h. — 100 g./m³/6 h. — 50 g./m³/10 h.). **Velu, Lepigre** et **Bellocq,** sur des cultures sporulées d'Anthracoides, ont obtenu des résultats complets avec les constantes 1.600 et 2.400 (200 g./m³/8 h. et 100 g./m³/24 h.). De nouveaux essais, encore en cours actuellement sur Staphylocoque, Streptocoque, pyocyanique, typhique, dysentérique, subtilis, etc., sont des plus encourageants : toutes les cultures, sauf celles de subtilis, sont tuées avec des constantes inférieures à 1.600.

Il apparaît d'ores et déjà que les vapeurs d'oxyde d'éthylène sont capables de désinfecter, dans le sens bactériologique du mot, c'est-à-dire de stériliser, des appareils ou produits délicats qui ne peuvent supporter ni l'autoclave, ni le trempage dans des solutions antiseptiques.

Ces propriétés antiseptiques sont déjà pratiquement connues d'une partie du public ; nombre de commerçants ont constaté que leurs marchandises fermentescibles (dattes, figues, tabac) ne courent plus guère le risque de s'échauffer lorsqu'elles ont été traitées sous vide à l'oxyde d'éthylène. Et encore ces produits ne sont-ils fumigés qu'avec des constantes insecticides — 225 à 300, soit 150 g./m³ pendant 1 h. 30 ou 2 heures — et non réellement antiseptiques. Cette action bienfaisante est particulièrement appréciée lors des années pluvieuses, où les produits, trop humides, présentent un milieu favorable aux microorganismes.

TOXICITE POUR L'HOMME

L'oxyde d'éthylène a une action toxique assez marquée sur les animaux à sang chaud.

Il tue les rats, souris et cobayes à la constante 8 (8 g./m^3/1 h.), la mort survenant dans un délai de 6 à 24 heures. Cette action est lente ; il agit, en effet, probablement d'abord comme narcotique, et ensuite seulement comme un puissant toxique cellulaire. En ce qui concerne le mécanisme de son action, on en est encore réduit aux hypothèses. Il se peut, en particulier, qu'il se forme à ses dépens, dans l'organisme, du formaldéhyde, intervenant en tant que poison du protoplasme, comme pour le bromure de méthyle et l'alcool méthylique. Peut-être aussi faut-il envisager la formation de glycol, avec apparition secondaire d'acide oxalique. Il convient d'ajouter à ce sujet que les individus à hyperacidité gastrique semblent plus sensibles que les autres à l'oxyde d'éthylène.

Les animaux intoxiqués de telle façon que leur mort ne se produise pas immédiatement présentent les symptômes suivants : essoufflement, respiration saccadée avec râles, catarrhe nasal et bronchite (les concentrations de 2 g./m^3 provoquent au bout de 2 heures une violente irritation des muqueuses), inappétence, étouffement, vomissements chez le chien et le chat, rougeur de la cornée (en particulier chez le cobaye, mais aussi chez le chien, le chat, le lapin), et parfois encore inflammation de la conjonctive, troubles cardiaques, apathie, paralysie (de l'arrière-train surtout), crampes de quelques minutes, répétées à brefs intervalles. La mort survient, soit par asphyxie, soit pendant une crise de crampes, soit à la suite de paralysie.

On ne possède pas encore de données précises en ce qui concerne l'action toxique de l'oxyde d'éthylène sur l'homme, mais il n'en est pas moins certain que son utilisation requiert de la prudence. On peut, en effet, considérer qu'une concentration de 0,05 g./m^3 présente déjà des dangers si l'inhalation dure 10 ou 20 heures. 0,1 g./m^3 peut provoquer des accidents au bout de quelques heures et peut-être même, après un séjour prolongé, la mort.

Il ne faut toutefois pas pousser trop loin la crainte de l'oxyde d'éthylène. Son odeur forte et caractéristique met immédiatement en garde les opérateurs ; ceux-ci peuvent prendre les précautions nécessaires ou évacuer les lieux bien avant d'avoir inhalé des quantités de vapeurs dangereuses. Il semble d'ailleurs, depuis une vingtaine d'années qu'on utilise le produit, à une échelle souvent importante, qu'on n'ait pas encore à mettre à son passif un seul cas d'intoxication grave.

Les contacts accidentels du liquide avec la peau provoquent une sensation de grand froid, mais ne présentent aucun danger.

Acide cyanhydrique

CARACTERES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

L'acide cyanhydrique — HCN — est le seul fumigant qui permette actuellement dans les stations de traiter tous les végétaux vivants sans risques de brûlures plus ou moins graves.

Son nom vulgaire d'« acide prussique », conservé depuis, lui fut donné en 1782 par **Scheele** qui, le premier, le retira du bleu de Prusse.

A l'état pur, c'est un liquide presque incolore (le produit industriel est légèrement bleuté), très mobile, extrêmement léger (densité à 20° : 0,650), qui bout à 26°. Ses vapeurs sont légères, leur poids spécifique absolu — 1,21 — est inférieur à celui de l'air.

Il est insoluble dans les gommes, cires, caoutchouc, gélatine, hydrocarbures à chaîne droite, essence de térébenthine, très soluble au contraire dans les alcools, la glycérine et, ce qui est pratiquement très important, l'eau ; il l'est évidemment d'autant plus qu'elle est plus froide. De l'eau glacée, saturée de ses vapeurs, laisse dégager celles-ci à mesure qu'on la réchauffe.

Compte tenu de la pression atmosphérique, il n'exerce sur les parois des récipients qui le contiennent qu'une faible pression : 200 grammes à 30°, 600 à 35°, 1 kg. à 40° Il est donc transportable en emballages légers.

Même aux dosages les plus élevés que l'on emploie (50 g./m³ pour des graines de cotonnier), aucune recondensation des vapeurs n'est à craindre. Il en faut, en effet, pour saturer un mètre cube d'atmosphère : 751 grammes à 15°, 900 grammes à 25°, 1.071 grammes à 30°.

Son inflammation n'est pas davantage à craindre ; ses vapeurs n'explosent qu'aux concentrations, réalisées fort peu de temps en pratique, comprises entre 8 et 36 % en volume, soit entre 96 et 432 g./m³, l'optimum étant vers 20 % (240 g./m³). Bien entendu, comme toujours, une élévation de température (ou de pression) favorise ce phénomène.

Le liquide brûle avec une flamme blanche faiblement violacée en donnant de l'eau, de l'anhydride carbonique et de l'azote (5).

C'est un acide faible, ne décomposant pas les carbonates, colorant à peine le papier de tournesol, absolument inoffensif vis-à-vis des métaux, du caoutchouc, des fibres animales ou végétales, des couleurs ; cet avantage pratique résulte évidemment de l'instabilité de la plupart de ses combinaisons chimiques. Par contre, il peut se combiner avec les corps gras en donnant un nitrile toxique. En présence d'alcalis étendus et froids, il forme un cyanure et de l'eau. A la température d'ébullition, en présence d'un alcali concentré, il donne de l'ammoniaque et de l'acide formique combiné à l'alcali (6). Au contact des acides forts, il donne encore de l'ammoniaque et de l'acide formique ; cette réaction secondaire est une des « réactions parasites » gênantes dans la production de l'acide cyanhydrique.

Le produit commercial atteint facilement une pureté de 98 et même 99 % (la législation américaine n'exige que 95 %). Il doit être absolument débarrassé de sels alcalins, d'ammoniaque, d'acide chlorhydrique ou nitrique et de chlore libre ; la seule impureté tolérable est l'eau. L'appréciation pratique de sa pureté est faite d'après sa densité, c'est-à-dire à l'aréomètre ; des tables spéciales tenant compte de la température existent à cet effet.

(5) $2\ HCN + 5\ O = H^2O + 2\ CO^2 + 2\ N.$
(6) $HCN + KOH + H^2O = NH^3 + HCO^2K.$

Dans les applications, la mesure des quantités d'acide cyanhydrique liquide est considérablement facilitée par son point d'ébullition assez élevé : elle peut se faire, en effet, par simple lecture volumétrique, dans une éprouvette graduée.

A l'état pur, l'acide cyanhydrique liquide se conserve bien ; s'il est impur, il se décompose spontanément en un temps relativement court (quelques heures ou quelques jours), en donnant des flocons bruns et un dégagement d'azote. Il explose alors violemment. Cette décomposition est accélérée par l'action des rayons solaires et la présence d'oxygène.

L'instabilité de l'acide cyanhydrique est en grande partie corrigée par l'emploi de stabilisateurs s'opposant à la formation d'ammoniaque (acide oxalique ou tartrique par exemple) ; elle l'est complètement quand on l'incorpore à des corps solides poreux. Même pour le liquide conservé tel que, elle ne présente d'ailleurs que des dangers très minimes si on procède à des vérifications fréquentes en considérant comme « normal » un produit incolore à peine bleuté, « suspect » un liquide tournant au jaune, « très dangereux » et proche de l'explosion spontanée un liquide rougeâtre, ou brun et opaque. Le plus sûr, enfin, est de se conformer aux indications des fabricants qui exigent, en général, que tout récipient non complètement vidangé soit retourné à l'usine pour vérification, dans les trois mois qui suivent la date du remplissage.

MODES D'OBTENTION

L'emploi de la solution aqueuse d'acide cyanhydrique à 10 % a été envisagé, mais n'a pas été retenu. Une telle solution est capable de libérer la plus grande partie de son HCN par chauffage vers 70-80°, mais la libération n'étant pas totale, on connaît mal les quantités réellement ainsi mises en œuvre. En outre, et surtout, le transport de 10 kgs de solution est nécessaire pour obtenir en définitive, moins de 1 kg. de produit actif.

Beaucoup plus simples, moins dangereuses et moins coûteuses sont les méthodes qui consistent à faire dégager l'acide cyanhydrique par réaction extemporanée ou à partir d'un support solide poreux enfermé, pour la conservation, dans des emballages parfaitement étanches.

Dans la pratique moderne des stations de **DVP,** on fait dégager sur place ses vapeurs par l'un des trois procédés suivants :

1° Réaction de l'acide sulfurique sur un cyanure, de potassium ou de sodium.

2° Evaporation de HCN liquide.

3° Evaporation à partir de corps poreux imbibés d'HCN liquide que l'on appelle « imprégnés ».

Réaction de l'acide sulfurique sur un cyanure.

L'acide employé est toujours en pratique l'acide sulfurique.

Les cyanures, ceux de potassium aussi bien que de sodium, sont de violents poisons, qui ne doivent pas être manipulés les mains nues, mais avec des gants de caoutchouc ou d'étoffe huilée, une pelle ou une écope.

La moindre coupure permet, en effet, une absorption rapide par les tissus vivants, pouvant avoir des suites fatales. Même sur une peau saine, ils peuvent causer à la longue des dermatoses, assez bénignes d'ailleurs.

Le cyanure de potassium est un corps blanc opaque, très soluble dans l'eau, livré par le commerce à l'état concassé ou moulé sous diverses formes. Il s'altère à l'air libre en donnant de l'acide cyanhydrique et du carbonate de potasse (7) ; les récipients doivent donc être tenus soigneusement fermés.

Comme il dégage souvent, lors de la réaction, une quantite assez importante de composés nitreux nocifs pour la végétation, et qu'il a, en outre, une tendance fâcheuse à la production parasite d'oxyde de carbone, il est de moins en moins employé.

On utilise aujourd'hui surtout le cyanure de sodium, dont il est fait par ailleurs une consommation importante dans certaines industries (cémentation). Pour les applications agricoles, il est vendu sous forme d'œufs aplatis ou de noisettes de couleur blanche (8) et de texture cristalline, pesant, les

(7) $2\ KCN + H^2O + CO^2 = CO^3K^2 + 2\ HCN$.

(8) Le cyanure de sodium vendu pour usages agricoles doit être coloré en vert avec de la laque de fer de la composition bisulfitique de l'orthonitrosobetanaphtol, à raison de 0 kg. 500 par 100 kgs de cyanure, et rendu odorant par de l'essence de mirbane, à raison de 0 kg. 100 par 100 kgs. (Arrêté ministériel du 20 juillet 1938).

uns 50 grammes, les autres 10 grammes. Le cyanure de sodium, comme celui de potassium et pour la même raison, doit être mis à l'abri de l'air humide. Un bon cyanure de sodium doit titrer 96 à 98 % de NaCN pur, soit 51 à 52 % de cyanogène (ce qui permet un dégagement théorique de 53,5 % environ d'HCN). On tolère 2 à 3,5 % de corps étrangers solides et 0,5 % de chlore.

Le cyanure de sodium est très soluble dans l'alcool et l'eau. La solution aqueuse saturée contient, vers 13/18°, 40 % de cyanure, c'est-à-dire que 1 litre de solution contient 480 grammes de cyanure sec. Cette solution a une densité de 1,2 environ. La solubilité est peu influencée par la présence de sels calcaires dans l'eau naturelle.

L'acide sulfurique pur est incolore, mais le commercial, plus souvent utilisé, est plus ou moins brun. Il est inodore et de consistance huileuse. Sa densité à 66° Beaumé, c'est-à-dire à l'état pur, est 1,84. L'addition d'eau, dont il est très avide, provoque une forte élévation de température (93° si le mélange est fait par parties égales). Il faut en principe verser l'acide dans l'eau, car l'opération inverse provoque des projections dangereuses pour les opérateurs. En **DVP** cependant, en raison de l'utilisation de générateurs spéciaux, parfaitement étanches et sous vide, on a avantage au contraire à verser l'eau dans l'acide (9).

Il n'est pas obligatoire d'utiliser de l'acide pur à 66° Beaumé, assez coûteux, pour la réaction ; on peut parfaitement utiliser des concentrations plus faibles, à la condition que le produit ne contienne pas d'arsenic, ce qui pourrait libérer de l'hydrogène arsénié, gaz hautement toxique (« mithrite » de l'armée), inodore et par conséquent insidieux, susceptible d'agir fâcheusement sur les marchandises traitées et même de s'y stabiliser sous forme de composés arsenicaux toxiques peu volatils.

L'emploi d'acide sulfurique dilué exige évidemment une rectification des dosages en acide et en eau ; elle est facilement effectuée par l'emploi des tables de **Lunge** et **Isler.**

(9) De façon à rincer les tuyauteries après passage de l'acide et avant introduction de la solution cyanurée.

La formule de réaction théorique entre un cyanure et l'acide sulfurique est l'une des suivantes :

$$2\ NaCN + SO^4H^2 = SO^4Na^2 + 2\ HCN$$
$$\text{ou } 2\ KCN + SO^4H^2 = SO^4K^2 + 2\ HCN$$

Mais elle peut être sérieusement modifiée par des réactions secondaires parasites.

Il convient de remarquer tout d'abord que la réaction principale, bien que l'eau n'y apparaisse pas, ne peut cependant s'effectuer sans elle. En effet, lorsque l'eau est en quantité trop faible, on obtient avec les deux cyanures de l'oxyde de carbone (10), aussi toxique pour l'homme qu'il l'est peu pour l'insecte (le sang de celui-ci, dépourvu d'hémoglobine, ne forme pas de combinaisons stables avec l'oxyde de carbone).

On peut immédiatement en déduire que la trop fréquente pratique du séchage et de l'épuration du gaz cyanhydrique sortant d'un générateur, par passage sur des fragments de cyanure, est absolument à déconseiller ; si, en effet, de l'acide sulfurique se trouve entraîné sous forme de gouttelettes par le courant gazeux, sa neutralisation au contact de cyanure solide, c'est-à-dire en présence d'une quantité insuffisante d'eau, s'opère avec formation d'oxyde de carbone et non d'acide cyanhydrique. En outre et surtout, les fragments de cyanure se soudent assez rapidement en un bloc compact, difficile à extraire ensuite du bac épurateur.

D'autre part, en versant un acide sulfurique concentré dans une solution de cyanure, même faible, les réactions parasites productrices de CO et de CO^2 se produisent encore dans une proportion sensible, à cause de l'action déshydratante exercée localement par l'acide avant son mélange parfait dans le liquide en réaction. En employant seulement de la solution à une partie de cyanure pour deux d'eau en poids, il faut employer de l'acide faible, ne dépassant pas 43° Beaumé, ce qui est d'ailleurs un titre commercial ; avec un acide plus fort, la production d'oxyde de carbone est importante.

Un avantage pratique appréciable enfin résulte de l'importance même des quantités d'eau mises en œuvre ; cette eau, diluée dans le résidu du générateur, empêche ou, tout au

(10) $2\ NaCN + 2\ SO^4H^2 + 2\ H^2O = 2\ CO + SO^4Na^2 + (NH^4)^2\ SO^4$
ou $2\ KCN + 2\ SO^4H^2 + 2\ H^2O = 2\ CO + SO^4K^2 + (NH^4)^2\ SO^4$.

moins, réduit dans de fortes proportions les cristallisations de sulfate ou même de bisulfate de soude, si gênantes pour la vidange et le nettoyage.

La conclusion de tout ce qui précède peut s'énoncer ainsi : plus la réaction se fait en solution étendue, et moins les réactions parasites ont de chance de se produire. La seule limitation dans ce sens est la solubilité de l'acide cyanhydrique dans le liquide résiduel, solubilité assez élevée et qui oblige à chercher un juste milieu entre les deux inconvénients.

Une fois fixées les proportions de réactifs et d'eau à employer, cette solubilité devient, en effet, le principal ennemi d'une réaction quantitativement acceptable. Elle est efficacement réduite par l'intervention de plusieurs facteurs physiques : la chaleur, l'agitation, le barbotage d'air, le vide.

Les quatre facteurs peuvent parfaitement être réunis dans les stations de désinsectisation opérant sous vide partiel.

Le choix de la forme sous laquelle le cyanure de sodium doit être soumis à l'attaque de l'acide constitue une question importante. Le cyanure peut être, en effet, utilisé soit à l'état cristallin, soit en solution aqueuse.

La réaction sur le cyanure solide présente d'incontestables avantages au point de vue de la simplification des manipulations. Dans les champs, par exemple, pour les fumigations sous bâche, elle a longtemps constitué la seule pratique sous les noms de « méthode du pot », « pot method », « dumping », « tipping method ». Elle présente, par contre, un grave inconvénient : très fréquemment, et surtout aux fortes doses où on emploie des cristaux volumineux, il se forme en surface de ceux-ci une couche continue de sulfate de soude neutre, à peu près inattaquable par la solution acide, et qui arrête la réaction en isolant le cyanure. On retrouve alors, lors de la vidange des générateurs, des quantités parfois importantes de cyanure inutilisées, ce qui a faussé les dosages.

C'est pour remédier à ce défaut que l'on met en œuvre un fort excès d'acide. Cet excès se justifie par les raisons suivantes :

a) L'acide cyanhydrique est un peu moins soluble dans les solutions fortement acides ;

b) Un excès d'acide sulfurique favorise la décomposition totale lorsque, l'acide cyanhydrique restant pour une partie assez appréciable en solution dans le liquide, la réaction de décomposition a tendance à être limitée par la réaction inverse ;

c) Un excès d'acide sulfurique favorise la formation de bisulfate (sulfate acide) de sodium, au lieu de sulfate neutre ordinaire. Ce bisulfate cristallise sous une forme moins compacte que le sulfate neutre (cristallisation plus ou moins pâteuse), ce qui facilite la vidange des produits résiduels.

En théorie, il faut, pour produire un kilogramme d'acide cyanhydrique, 98/54, soit 1 kg. 810 d'acide sulfurique pur et autant de cyanure de sodium. En pratique, le rendement est diminué par diverses causes : impureté du cyanure, imperfections de la réaction chimique, dissolution partielle de l'acide cyanhydrique dans le résidu. Il faut, en outre, tenir compte de la nécessité de forcer le dosage en acide sulfurique. Quant à l'eau, l'expérience a démontré qu'il est bon d'en employer environ trois fois plus [11] que de cyanure. Il faudra donc, en définitive, pour produire un kilogramme d'acide cyanhydrique :

Eau	6 lit.
Acide sulfurique à 66° Beaumé.....	3 lit.
Cyanure de sodium (à 95-99 %)...	2 kgs

La réaction sur le cyanure en solution, plus certaine et complète, exige beaucoup moins d'acide sulfurique. La solution utilisée — à 37,5 % en titre pondéral — se fait dans la proportion simple de cinq parties d'eau pour trois de cyanure en poids. La densité de cette solution, aux températures ordinaires, est voisine de 1,215.

Avec cette solution, pour produire pratiquement un kilogramme d'HCN, il faut :

Eau	3 lit. 100
Acide sulfurique à 66° Beaumé..	1 lit. 240
Solution cyanurée	4 lit. 400

(11) L'emploi de deux fois plus d'eau seulement donne un rendement en gaz cyanhydrique légèrement supérieur. Mais cette réduction de la quantité d'eau a pour conséquence une cristallisation rapide du résidu qui rend difficile la vidange des générateurs.

En plein hiver, la solution cyanurée cristallise parfois partiellement, faussant le titre du liquide qui surnage. On utilise alors une solution plus diluée, à 6,5 parties d'eau pour 3 parties en poids de cyanure de sodium, ayant une densité voisine de 1,180. La formule devient donc :

Eau	1 lit. 860
Acide sulfurique à 66° Beaumé...	1 lit. 240
Solution cyanurée	5 lit. 380

Evaporation d'acide cyanhydrique liquide.

La température d'ébullition du produit liquide (26° à pression atmosphérique) permet à la fois sa manipulation sous cette forme et son évaporation ultérieure d'autant plus rapide que le vide est plus poussé.

On a signalé dans le Chapitre I qu'il est possible de le stocker et doser, soit à l'état liquide dans un vase de Mariotte suivi d'un diaphragme et d'un vaporiseur, soit à l'état gazeux dans un gazomètre chauffé en permanence à une trentaine de degrés.

On pourrait encore envisager dans les stations, une petite installation permettant de fabriquer extemporanément, par la réaction acide/cyanure, les petites quantités dont on a besoin pour la désinsectisation des végétaux vivants. Cette installation comporterait : un vase de réaction chauffé avec agitateur, un épurateur, un réfrigérant, une burette de dosage. Cette solution, intermédiaire entre la production d'HCN par réaction et l'emploi d'HCN liquide, permet d'éviter le stockage de quantités importantes du produit liquide, avec tous ses risques. En outre, on dose ainsi fort exactement les quantités administrées, car on peut fabriquer et contrôler volumétriquement avec une installation très simple, une quantité précise d'acide cyanhydrique à 97-98 % de pureté et même davantage.

L'inconvénient réside dans une complication supplémentaire de l'appareillage.

Evaporation à partir d'imprégnés (corps poreux imbibés d'HCN liquide).

Il est parfois commode d'utiliser un imprégné solide libérant par simple évaporation de l'HCN gazeux ; on élimine ainsi l'emploi du matériel envisagé ci-dessus.

Le commerce a réalisé deux catégories de produits de ce genre.

Dans la première, l'acide cyanhydrique liquide se trouve absorbé par une substance inerte (kieselguhr, sulfate de chaux ou pâte de papier) dont il se dégage par évaporation dès qu'il est exposé à l'air. Le produit inerte est moulé par compression en disques plats et ronds, de couleur blanche en général, et contenant chacun une quinzaine de grammes d'HCN liquide (Cyanox français, Discoïds américains). Ces disques sont contenus dans des boîtes de fer-blanc parfaitement étanches.

Le second type d'imprégnés est représenté par des granules (de kieselguhr ou de sulfate de chaux par exemple) également imbibés d'acide cyanhydrique liquide. Comme les disques, ils sont conservés en boîtes hermétiques à n'ouvrir qu'au moment de l'utilisation. Les résidus subsistant en fin d'évaporation sont inoffensifs.

Disques et granules peuvent être employés en **DVP**. Il suffit que la tuyauterie desservant les autoclaves soit reliée à un récipient d'évaporation étanche et résistant au vide, muni d'un dispositif permettant d'ouvrir les boîtes de l'extérieur. La libération de l'acide cyanhydrique, très facilitée déjà par le vide, est ensuite complétée par l'ouverture d'une prise d'air donnant dans le récipient d'évaporation même : un balayage d'air en résulte qui, dans un appareil bien conditionné, entraîne pratiquement les dernières traces de gaz vers l'autoclave.

Il convient d'ajouter que les imprégnés sont très fréquemment additionnés de chloropicrine ou de chlorure de cyanogène (acide chlorocyanique ClCN) dont le haut pouvoir avertisseur et lacrymogène rend impossible tout accident dû à l'insouciance ; c'est le cas du **Cyanox** français. La dose de chloropicrine, lorsqu'il s'agit de ce produit, reste assez faible (5 à 10 %) pour éviter sa rétention prolongée dans les produits traités. Dans le **Zyklon B** allemand, on ajoute à 93 % d'acide cyanhydrique 5 % de bromacétate d'éthyle et 2 % de chloroformiate d'éthyle. Ce mélange, très irritant, est fortement lacrymogène. C'est la diatomite qui y sert à la fois de support et de matière inerte pour empêcher les explosions spontanées. Le produit a l'apparence du sable humide. Le

Zyklon A est un mélange de 90 % de cyanoformiate de méthyle et de 10 % de chloroformiate de méthyle. Il provoque des quintes de toux et un larmoiement si intenses, à de très faibles concentrations, que son emploi n'est pas sans inconvénients pratiques sérieux.

ACTION SUR LES PRODUITS TRAITES — DOSAGES

Quelle que soit la méthode choisie pour la libération de l'acide cyanhydrique, il convient de procéder après le traitement à une aération intense et prolongée des marchandises, surtout si celles-ci sont poreuses et compactes, ou humides et froides.

L'acide cyanhydrique est en effet facilement absorbé par la plupart des marchandises, tant en raison de son point d'ébullition relativement élevé que de sa solubilité dans l'eau qu'elles renferment. Une partie se fixe chimiquement peu à peu en donnant des complexes sans danger ou peu dangereux, mais la plus grande reste à l'état de simple dissolution. Elle reste donc libérable, soit par élévation de température, soit par dessication, soit par le renouvellement au contact des marchandises d'air frais qui n'est pas en équilibre physique avec la solution présente dans ces marchandises ; l'atmosphère se charge, par conséquent, d'acide cyanhydrique. C'est ce que l'on peut constater dans des locaux mal aérés, chauds où la marchandise est entreposée après traitement.

La conclusion pratique à tirer de cette importante particularité est que des marchandises traitées à l'acide cyanhydrique ne doivent être entreposées, aussitôt après traitement, que dans un local très bien ventilé ; faute de cette précaution, le danger est d'autant plus grand que les marchandises sont plus humides et plus poreuses, le local plus rempli et plus susceptible de varier rapidement de température.

L'action de l'acide cyanhydrique sur les insectes diffère complètement de celle du bromure de méthyle ou de l'oxyde d'éthylène ; elle se rapproche de celles du sulfure et du tétrachlorure de carbone, de l'anhydride sulfureux, des dérivés chlorés de l'éthane et de l'éthylène. Si, en effet, on soustrait des insectes à une atmosphère chargée d'acide cyanhydrique

dès qu'ils ont été complètement immobilisés, ils ne tardent pas à manifester à nouveau des signes de vie, faibles au début, normaux ensuite ; ils recouvrent finalement toute leur vitalité antérieure. Il s'agit donc d'une léthargie passagère, d'une narcose qui permet de classer l'acide cyanhydrique parmi les fumigants « narcotiques ». Les « réveils » apparaissent en quantités importantes et à peu près égales durant les trois jours parfois qui suivent un traitement manqué.

Les bonnes températures de fumigation ne doivent pas être inférieures à 12°. Au-dessous de 10°, l'efficacité laisse souvent à désirer et tout traitement doit être suspendu.

L'action de l'acide cyanhydrique sur les végétaux a été très étudiée, tant en fumigations sous bâches qu'en cellules à pression atmosphérique ou sous vide. De si nombreux cas particuliers, présentés par l'espèce végétale, la température, l'humidité, etc., apparaissent, qu'il est impossible de les résumer ici. Pour une durée d'exposition qui est, en général, de 45 minutes, les doses varient beaucoup, de 1 à 3 et même 5 g./m^3 [12]. L'acide cyanhydrique se dissolvant pendant le traitement dans les gouttelettes transpirées par les végétaux, on ne doit évidemment, sous peine de brûlures graves, traiter que des plantes bien sèches ; encore est-il sage, aussitôt après la fumigation, de procéder à leur lavage à grande eau pour les débarrasser de la solution cyanhydrique qui en imprègne les parties moites. Pour la même raison, dans l'autoclave de traitement, il vaut mieux voir la température monter que baisser pendant l'opération. Enfin, on se gardera de fumiger

(12) A titre d'exemple, nous signalons qu'en Algérie les traitements sont effectués en principe, pour une température voisine de 20° et pendant une durée de 45 minutes, à la dose par mètre cube de 2 gr. 5 d'acide cyanhydrique réellement libéré. Toutefois, la susceptibilité de certaines plantes oblige à réduire cette concentration, sous peine de brûlures graves. Le tableau ci-dessous indique les concentrations à employer pour celles-ci :

Asparagus	1	Mandarinier	2
Bigaradier	2	Mimosa	1,5
Bougainville	1,5	Oranger	2
Cédratier	2	Palmiers (sauf Cycas et Phœnix)	1,5
Chrysanthème	1	Pêcher	2
Citronnier	2	Pittosporum	1,5
Ficus	1,5	Plantes grasses	2
Hibiscus	2	Solanum	1
Jasmin	1		

des plantes plus froides que l'ambiance du tank, l'inverse étant, sauf exagération, sans inconvénient.

La faculté germinative des semences n'est pas altérée par l'acide cyanhydrique, même aux plus fortes constantes que l'on emploie dans la pratique (50 g./m³/2 heures pour les graines de cotonnier).

TOXICITE POUR L'HOMME

L'action de l'acide cyanhydrique sur l'homme et les animaux à sang chaud est une des plus rapides que l'on connaisse. Par ingestion, le dosage mortel est de 1 milligramme par kilogramme, soit environ de 0 g. 070 pour l'homme ; par inhalation, la concentration rapidement mortelle d'une atmosphère est de 1 g./m³. On considère comme limite supérieure inoffensive pour le personnel la concentration de 0,035 g./m³

Les quelques accidents enregistrés, fort rares et toujours dûs à la négligence, sont facilités par le fait que l'odeur du produit pur n'est pas insupportable et que, d'autre part, elle n'est pas également perçue par tous les sujets. L'un sera frappé d'abord par l'odorat, un autre par le goût. Un troisième ressentira, en premier lieu, des chatouillements dans la gorge. Un quatrième ne montrera presque aucune sensibilité vis-à-vis de concentrations faibles et cependant dangereuses.

En cas d'intoxication lente, on peut distinguer trois phases. La première comporte des picotements et une sensation d'étouffement dans la gorge, la constriction du cœur, de l'oppression. Puis le sujet tombe en syncope ; les convulsions surviennent ; les spasmes sont généraux, très prononcés et vont jusqu'à la tétanisation. Au cours de la troisième phase, le pouls s'arrête ; on constate des interruptions prolongées de la respiration entre des aspirations faibles ; la mort survient enfin.

L'intoxication la plus à craindre en pratique est la forme foudroyante qui peut déterminer la mort en 6 à 8 minutes. Les symptômes sont une perte de connaissance brutale avec convulsions, bientôt remplacées par une paralysie totale. La respiration devient superficielle, puis s'arrête. Le cœur bat encore quelque temps, irrégulièrement, et s'arrête à son tour.

Lorsque l'intoxication ne provoque pas la mort, l'acide cyanhydrique, fort heureusement, ne crée jamais de lésions définitives.

En fait, les accidents mortels sont très rares car, si les mesures nécessaires sont prises assez rapidement, il est possible de ranimer la victime et de provoquer l'élimination totale du poison.

Il en est de même en cas d'ingestion de cyanure, en cristaux ou en solution. Avec celui-ci, la dose mortelle est de 30 centigrammes. La perte de connaissance n'est pas, en général, immédiate ; les premiers soins sont, de ce fait, plus faciles mais, pour être efficaces, ils doivent être très rapidement mis en œuvre. En outre, la forte causticité du produit rend son absorption massive accidentelle peu probable.

En conclusion, l'acide cyanhydrique est, si l'on s'en réfère aux statistiques de ces dernières années, certainement moins dangereux que son concurrent techniquement le plus proche, le bromure de méthyle ; la crainte qu'il inspire à beaucoup n'est nullement justifiée par les faits, ni éprouvée par les praticiens de la désinsectisation.

OUVRAGES CITÉS

1. Marchal et Vayssière. — Etude sur la désinfection des produits végétaux et des denrées agricoles. *Annales des Epiphyties*, t. XI, fasc. 3, 1925.

2. Rostitzine (Mlle). — Pouvoir bactéricide de l'oxyde d'éthylène. Travaux inédits des laboratoires de la Sorbonne, Paris, mai 1933.

3. Velu, Lepigre et Bellocq. — Action bactéricide de l'oxyde d'éthylène à l'état gazeux. *C. R. Acad. Méd.*, 20 janvier 1942. *Presse Médicale*, n^os^ 9-10, 28-31 janvier 1942.

4. Velu, Lepigre et Bellocq. — Un nouvel antiseptique gazeux : l'oxyde d'éthylène. *Maroc Médical*, n° 221, janvier 1942.

5. Lepigre. — Technique de la Désinsectisation, 1947.

6. Lepigre. — L'emploi des gaz insecticides pour la désinfection des plantes : désinfection des plantes vertes en chambre close à la pression atmosphérique par le cyanure de calcium. *Bull. de la Soc. d'Encourag. pour l'Ind. Nationale*, septembre-octobre 1937.

7. Delassus et Lepigre. — La conservation des grains emmagasinés ; les problèmes qu'elle soulève. *Fruits et Primeurs de l'Afrique du Nord*, n^os^ 78-79-80-81, 1937.

8. Delassus et Lepigre. — La pré-désinfection des figues ; ses débuts en Algérie. *Suppl. économ. de la Revue Algéria*, n° 22, décembre 1938.

9. Delassus et Lepigre. — Produire d'abord, puis savoir conserver. *Suppl. économ. de la Revue Algéria*, n° 45, 1941.

10. Delassus et Lepigre. — La désinfection des pommes de terre à la ferme. *Suppl. économ. de la Revue Algéria*, n^os^ 48-49, juillet-août/septembre 1941.

11. Delassus et Lepigre. — La conservation des marchandises emmagasinées. *La Voix des Colons*, 12-26 janv., 9-23 fév., 9-23 mars 1942.

12. Back et Cotton. — Industrial fumigation against insects. Circular n° 369, *U. S. Dep. of Agric.*, déc. 1935, août 1942.

13. Delassus et Lepigre. — Destruction de la teigne de la pomme de terre par fumigations insecticides. Progrès de la méthode en Afrique du Nord durant la campagne 1941-1942. *Fruits et Primeurs de l'Afrique du Nord*, n° 127, juillet-août 1942.

14. Gouvernement Général de l'Algérie. — Conseils pratiques pour assurer la conservation des pommes de terre. Doc. et Renseign. Agric. de la Direction Générale des Aff. Econ., *Bull.* n° 96.

15. Bouhelier et Hudault. — Contribution à l'étude du bromure de méthyle utilisé pour la désinsectisation des produits végétaux. *Bull. de la Chambre d'Agric. de Casablanca,* n° 149, janvier 1943.

16. Mallet. — Désinsectisation des denrées agricoles ; traitements avec application de vide ; traitements à la pression atmosphérique. 1948.

17. Cotton, Wagner et Young. — Oxygen as a factor in vacuum fumigation. *Journ. of Econ. Entom.,* 30 (3), p. 560, 1937.

18. Lepigre. — Désinfection sous vide partiel: choix d'une technique de vide. *Chimie et Industrie,* vol. 32, n° 6, décembre 1934.

19. Delassus et Lepigre. — Application aux dattes algériennes des méthodes de désinfection. *Journées du dattier,* 1933. (Brochure Gouvernement Général de l'Algérie).

20. Osburn et Lipp. — Fumigation des fruits frais pour détruire les adultes de *Popilia japonica. U. S. Dep. of Agric.,* Washington. Circ. n° 373, novembre 1935.

21. Cotton R. T. — The relation of respiratory metabolism of insects to their susceptibility to fumigants. *Journ. of Econ. Entom.,* vol. 25, 1932, p. 1088.

22. Battelli et Stern. — Intensität des respiratorischen gaswechsels der insekten. *Biochem. Zeitschr.,* 56, 1913.

23. Jones R. M. — Réduction de l'inflammabilité des fumigants au moyen de l'anhydride carbonique. *Ind. et Eng. Chem.,* vol. 25, n° 4, avril 1933, p. 394-396.

24. Lepigre A. L. — Adjonction d'anhydride carbonique à l'oxyde d'éthylène en vue de rendre le mélange ininflammable. *Soc. d'Encourag. pour l'Ind. Nation.,* juillet-sept. 1934, p. 509-525.

25. Angla. — Utilisation de l'oxyde d'éthylène en œnologie. *Revue Agric. de l'Afr. du Nord,* septembre 1937, p. 615 ; *Ann. des Fraudes et Falsific.,* n° 349, janvier 1938 ; *Agria,* juillet 1938 ; *Agria,* juillet 1939 ; *C. R. Acad. d'Agr.,* janvier 1939 ; *Bull. International du Vin,* 1939.

26. Le Goupils. — Les méthodes statistiques dans l'expérimentation. *Ann. des Epiphyties,* T. II, 1942, p. 189.

27. Hazelhof E. H. — Carbon dioxide, a chemical accelerating the penetration of respiratory insecticides into the tracheal system by keeping open the tracheal valves. *Journ. of Econ. Entom.,* vol. 21, p. 790, oct. 1928.

28. Popov, Bezzoub et Lebedeva. — Toxicité de l'oxyde d'éthylène et des carboxydes. Troudy Naoutchn. Inst. Oudobr. *Samoïlova,* 1935, n° 123, pp. 264-273.

29. Jones R. M. — Toxicity of fumigant/CO^2 mixtures to the red flour beetle. *Journ. of Econ. Entom.,* vol. 31, n° 2, pp. 298-309, avril 1938.

30. Angel S. Meleri. — Planta electro-mecanica para la desinfeccion de vegetales en el puerto de Buenos-Ayres. *Mi Gaceta,* n° 30, 1938.

31. Pussard R. — Un appareil mobile pour la désinfection des produits végétaux : le camion-laboratoire de la Station de Zoologie Agricole et Insectarium d'Antibes. *Ann. des Epiphyties*, t. IV, fasc. 2, 1938.

32. Page et Lubatti. — Recent experiments on fumigation. *Chem. and Ind.*, vol. LIX, n° 11, pp. 172-179, 16 mars 1940.

33. Lepigre. — La désinfection des fruits frais parasités par le Pou de San José. *Revue Française de l'Oranger*, n° 162, octobre 1945.

34. Nikoliky. — Désinfection de balles de coton dans des appareils à vide. Comité Général des Matières Textiles de l'U.R.S.S.

35. Smith R. I. — Vacuum fumigation experiments with brown tail moth and european cornborer larvae under winter conditions. *Journal of Econ. Entom.*, vol. XVI, n° 3, p. 317, 1923.

36. Mackie D. B. — Pest control treatments (Instructions officielles des stations). California State Department of Agric., febr. 1934.

37. Cotton, Frankenfeld et Dean. — Controlling insects in flour mills. Circ. n° 720, Washington D. C., *U. S. Dep. of Agric.*, april 1945.

38. Jones R. M. — A precise method for determining the toxicity of mixed gases to insects. *Journal of Econ. Entom.* vol. XXVI (4), p. 895, 1933.

39. Williams C. L. — Fumigation des aliments : étude d'une pratique commerciale en voie d'extension au point de vue de la répercussion sur la santé publique. *American Journal of Public Health*, vol. 23, n° 6, juin 1933.

40. Mellanby. — The site of loss of water from insects. *Proc. Roy. Soc. London*, B. 116, pp. 139-149, 1934.

41. Jones J. D. — Intergranular spaces in some stored foods ; method of measurement. *Food*, décembre 1943, vol. 12, n° 147.

42. Jones G. W. et Kennedy R. E. — Extinction of ethylene oxide flames with carbon dioxide. *Ind. & Engin. Chem.*, 1930.

43. Mackie D. B. — Observations on vacuum fumigation. *Monthly Bull.*, n° 5, vol. XX, mai 1931.

44. Stiner H. — Baby fumigators enable turks to rid fig of insects. *Food Industries*, juillet 1932.

TABLE DES FIGURES

Numéros des figures		Pages
1	Diagramme de la méthode des introductions simultanées...	31
2	Diagramme de la méthode élémentaire ou américaine.....	44
3	Influence de l'humidité de l'air sur l'efficacité de l'acide cyanhydrique	52
4	Caisse de pâte de dattes légèrement fermentée après un traitement avec vide préalable	68
4 bis	Un chargement de ces caisses après traitement.....	69
5	Influence de l'anhydride carbonique sur la toxicité de diverses concentrations d'oxyde d'éthylène	81
6	Influence de l'anhydride carbonique sur la toxicité du bromure de méthyle industriel	82
7	Influence de l'anhydride carbonique sur la toxicité du bromure de méthyle pur	84
8	Traitements à l'oxyde d'éthylène. Mortalité à retardement..	92
9	Traitements au bromure de méthyle. Mortalité à retardement	92
10	Traitements à l'acide cyanhydrique. Mortalité apparente....	93
11	Traitements à la chloropicrine. Mortalité à retardement....	93
12	Mélangeur-doseur de gaz	98
13	Autoclave de 75 m³ en fin de fabrication.....	102
14	Autoclaves verticaux utilisés pour le traitement des légumes secs à **Pouillon**	104-105
15-16	Autoclave de fumigation sous vide, de section rectangulaire	106-109
17	Autoclaves de la Station de **Bougie**	110
18	Autoclave à charnière latérale et à porte soutenue par chemin de roulement circulaire	110
19	Autoclaves de 75 et 29 m³ de l'ancienne Station du **Havre**.	112
20	Autoclaves de 50 m³ de la Station de **Casablanca**	113
21	Joint d'étanchéité de porte d'autoclave	116
22	Joint d'étanchéité de porte d'autoclave. (Nouveau modèle Mallet)	118
23	Manobaromètre et manomètre à mercure	121
24	Porte-joints pour diamètres de 1 m. 40, 1 m. 75 et 2 m. 20..	125
25	Pompe rotative à palettes. Coupe transversale	131
26	Tableau de commande pour petite station à deux pompes..	134
27	Dispositif d'arrêt automatique d'un moteur en cas d'arrêt du débit de l'eau de réfrigération	135
28	Rampe de détente d'anhydride carbonique	139
29	Vaporiseur d'anhydride carbonique type « Air Liquide ».....	140
30	Manodétendeur du vaporiseur « Air Liquide »	141
31-32	Vaporiseur à grand débit « Mallet »	142-143
33	Gazomètre détendeur à anhydride carbonique	145
34	Gazomètre à cloche équilibrée par siphonage	146
35	Vaporisation et entreposage de l'oxyde d'éthylène et du bromure de méthyle	149

Numéros des figures		Pages
36	Vaporiseur d'oxyde d'éthylène ou de bromure de méthyle..	150
37	Condenseur-récupérateur	152
38	Colonne de neutralisation	154
39	Gazomètre à garde chauffée par circulation d'eau chaude..	157
40	Dispositif de dosage des réactifs pour la génération de l'acide cyanhydrique	161
41	Générateur d'acide cyanhydrique type « Mallet »	162
42	Vaporiseur pour fumigants bouillant au-dessus des températures ambiantes ordinaires	165
43	Principales dispositions possibles des tuyauteries dans les stations	168
44	Tableau général des commandes, des vannes et du contrôle. (Type Station d'**Alger**)	172
45-46	Autoclave sur camion automobile de la Station Entomologique d'**Antibes**	187
47-48	Autoclave sur remorque avec camion-laboratoire.....	188-189
49	Autoclave et cabine-laboratoire sur remorque, avec tracteur..	190
50	Autoclave sur châssis de wagon	191
51-52	Station monobloc transportable	192-193
53	Schéma développé de la Station-Pilote de l'Insectarium d'**Alger** (hors-texte)	196-197
54	Batterie d'autoclaves de 1 m. 40 de diamètre (Manufacture de tabacs Mélia, **Alger**)	200
55	Appareillage de vaporisation, stockage et dosage des fumigants d'un autoclave de 2 m^3 (Museum National d'Histoire Naturelle, **Paris**).	202
56	Installation avec autoclave de 4 m^3 (Manufacture de tabacs Mignot et De Block, **Java**)	203
57	Station de Désinsectisation de **Bougie** (Algérie)	205
58	Autoclave de 1 m. 75 de diamètre (Usine Riff, de **Valenciennes**)	207
59	Schéma de la nouvelle Station de Désinsectisation d'**Alger**..	209
60	Schéma de la Station de Désinsectisation de **Philippeville** (Algérie)	211
61	Graphique montrant le développement de la **DVP** dans les Stations Officielles d'Algérie depuis leur création.....	216
62	Schéma de la Station de Désinsectisation de **Bougie** (Algérie).	218
63	Schéma de l'ancienne Station de Désinsectisation d'**Alger**..	219
64	Schéma de la Station de Désinsectisation d'**Oran** (Algérie)..	236
65	Schéma de la Station de Désinsectisation de **Biskra** (Algérie).	237
66	Schéma de la Station de Désinsectisation de **Bône** (Algérie)..	239
67	Schéma de la Station de Désinsectisation de **Touggourt** (Algérie)	240
68	Schéma de la Station de Désinsectisation de **Djamâa** (Algérie)	241
69	Schéma de la Station de Désinsectisation de **M'Raïer** (Algérie)	242
70	Schémas des divers circuits de circulation de marchandises qu'il est possible d'envisager dans une station à étages..	243

INDEX ALPHABÉTIQUE

Abricots secs 250
Acariens . . 56, 65, **233,** 257, 259, **261**
Acétate d'amyle 94, 286
Acide bromhydrique . . . 153, 158, 281, 282
Acide chlorocyanique 302
Acide cyanhydrique 19, 36, 46, 47, 55, 56, 72, 74, 75, 80, 90, 91, 94, 95, 100, 137, 160, 170, 181, 186, 195, 225, 226, 227, 253, 256, 257, 258, 264, 266, 267, 268, **269, 293**
Acide sulfurique 225, **297**
Aération . . . 94, 206, 222, 223, **226**, 233, 238, 244, 248, 255, **303**
Alfa 266
Amandes 252
Amandes décortiquées (densité réelle) 40
Anhydride carbonique 36, 38, 39, 45, 48, 58, 59, 69, 75, 76, **78, 85, 87**, 97, 100, 137, 138, 166, 170, 186, **247,** 250
Anhydride sulfureux 90
Anthrènes 64, 65
Antisepsie 15, 291
Arachides 22, **42,** 56, 95, **252,** 290
Arrêt automatique des motopompes 133
Asparagus 304
Atelier 223
Aubergines séchées 250
Aubergines (Semences) 257, 258
Autoclaves 101, 201
Autoclaves mobiles **185, 191,** 204
Avant-propos 5
Avoine 41, **250**
Bananes de conserve 40, **251**
Bananes fraiches 290
Betterave (Semences) . . 41, **257,** 290
Bigaradier 304
Biscuiterie 250
Blé **41,** 58, 128, **250, 257**
Bois 263
Borax 159
Bougainville 304
Bouteilles (Dépôt de —) 223, **224,** 227, 228
Bromacétate d'éthyle 302
Bromure de méthyle 20, 21 22, 36, 46, 48, 55, 56, 62, 63, 71, 72, 73, 76, 77, 80, 90, 91, 94, 100, 137, **148,** 153, 155, 157, 169, 170, 181, 225, 226, 227, 229, 239. **247**, 248, 250, 251. 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 260. 262, 263, 266, 268, 269, **281**
Bruches (V. Légumes secs) 249, **255**
Bulbes **268,** 290
Bureau **224,** 227, 228, 235, 244
Cacao 41, **252, 255**

Café 42, **255**
Calandra oryzae 21, 27, 48, 51, 58, 70, 81, 82, 91
Carbonate de soude 154
Carotte (Semences) . . **257,** 290
Caroube (Semences) . . 257, 258
Carpophilus 57, 250
Cédratier 304
Céleri-rave (Semences) 257, 258
Chaleur :
Influence sur la toxicité des fumigants 50, 178
Réchauffage des marchandises . . **177,** 224, 235, 255
Traitements par la — 13, **28**
Variation de la — dans un autoclave 34
Libération des fumigants sorbés 94
Vaporisation des fumigants 99
Champignons secs 250
Chanvre 266
Charbons activés 182, 195, 286
Chariots indépendants 173
Chauffe-eau 137
Chicorée (Semences) . . **257, 258,** 290
Chloroformiate d'éthyle 302
Chloroformiate de méthyle . . 303
Chloropicrine . . 73, 91, 195, 302
Chlorure de cyanogène 302
Chocolat 57, 69, **250**
Chou (Semences) **257, 258,** 290
Chrysanthème 304
Cigares, Cigarettes (V. Tabac manufacturé) 108 254
Citrons 290
Citronnier 304
Coefficient de remplissage des autoclaves 60
Colonne de neutralisation . . . 154
Compacité des marchandises . 56
Compression (Influence sur les insectes) 57
Conclusion 277
Concombre (Semences) 257, 258
Confiserie 250
Constitution physico-chimique des marchandises 55
Contrôles d'efficacité 70
Coprah 41
Coriandre (Semences) 42
Coton (Fibres ou tissus de —) 128, **266**
Cotonnier (Semences) 41, 95, 160, **263,** 294
Courge (Semences) . . 257, 258
Courgette séchée 41
Courgette (Semences) . 257, 258
Couscous 58
Crin animal **266,** 282
Crin végétal **266,** 282
Cuirs **266,** 282
Cyanoformiate de méthyle . . 303
Cyanox 302
Cyanures 296, 306
Cyanure de calcium 75

Dattes 40, 65, 75, 108, 178, 235, **250,** 283, 291
Densités réelles des marchandises 40, 41, 42
Dépôt de bouteilles . . . 223, **224,** 227, 228
Dermestes 21, 64
Désinfection 75. 291
Désinsectisation à pression atmosphérique 6, **17,** 62 232, 277
Désinsectisation des wagons à pression atmosphérique . . . 190
Désinsectisation phytosanitaire 12, 22
Désinsectisation simultanée de produits divers dans un même autoclave 271
Désorption . . . 46, 47, 94, 248
Dessiccation des marchandises 29
Détection du bromure de méthyle 229, 286

Diaphragmes de réglage des débits 159
Diffusion des gaz 18
Dolique (Semences) ... 257, 258
Dôme de sécurité 114, 126
Douches 225

Eau (Alimentation en — de l'appareillage) 167
Efficacité (Contrôle de l'—) 70
Emballages 63, 65, 66, 67, 71, 233, 259, **273**
Enregistreurs 120, 126
Ephestia 70
Ethane (Dérivés chlorés de l' —) 74
Ethylène (Dérivés chlorés de l' —) 74
Eugenia (Semences) 257

Farines ... 41, 42, 56, 57, 58, 59, 128, 232, **259, 270**
Farine d'avoine 42
Farine de bananes 57
Farines de légumes secs 57
Feijoa (Semences) 257, 258
Fève (Semences) **257**, 290
Fève (Densité réelle) 41
Ficus 304
Figues 21, **40**, 59, 108, **250**, 277, 291
Filtre d'air 132, 136
Fleurs coupées 268
Foie séché 41
Fourrures (V. Cuirs, Peaux) 282
Fromages 250
Fruits frais ... 108,199, **269**, 283, 290
Fruits secs.. 58, 108, 128, 180, 201, 208, **250**, 283
Fumigants :
(Qualités des —) 72
(Modes d'action) 89
(Toxicité) 77
(Accroissement de la toxicité) 79

Gaz inerte 86
Gazomètre d'acide cyanhydrique 100
Gazomètre d'anhydride carbonique 144
Gazomètre d'oxyde d'éthylène ou de bromure de méthyle 155
Générateur d'acide cyanhydrique 160
Générateurs de fumigants ... 137
Glands 257
Glycérine 155, 158, 283
Grains 175, 232, **250, 255,** 290
Graines non oléagineuses .. 58

Haricots 41, 42, 108, **257,** 290
Hibiscus 304
Historique de la DVP 9
Homogénéisation de l'atmosphère des autoclaves 35
Humidité (Influence sur l'efficacité des traitements) .. 50

Immunisation des marchandises traitées 273
Imprégnation des bois et plantes en mottes par des liquides 24
Incendie (Précautions contre l' —) 112
Introduction 9
Introductions combinées 38
Introductions simultanées 39, 47, 261
Introductions simultanées, avec élimination de l'air résiduel 41
Introductions successives ... 36
Introductions successives avec brassage 37

Jasmin 304
Joints d'étanchéité 223
Joints des portes d'autoclaves 116, 124, 127

Kapok 266

Laboratoire 217, 221, 227
Laemophlaeus 64, 233
Laine 73, **266**, 282
Lait en poudre 42
Laitue (Semence) **257, 258,** 290
Lampe à halogénures.. 230, 286
Lasioderma serricorne 58, 64, 70
Légumes verts 290
Légumes séchés 250
Légumes secs ... 102, 175 249, **255, 256**
Lentilles 41, **257**
Lin (Semences) 42, **290**
Liquides (Imprégnation sous vide des marchandises par des —) 24
Lorrys 174, 212
Luzerne (Semences) .. 257, 258

Mâche (Semences) 290
Magasin de stockage .. 231, 274
Maïs 41, 102, **250, 255, 257, 258**
Mandarines 290
Mandarinier 304
Manobaromètre à mercure .. 120
Manomètre à mercure. 120, 126
Manutention des marchandises 173, 206, 215, 233
Matériel de **DVP** 24, 97
Matières grasses **252**, 283
Mélangeur-doseur. 98, **159**, 261
Méthode de Jones (densitométrie) 42
Méthode américaine (ou élémentaire).... 27, 32, 43, 47
Méthode complémentaire de sécurité 46
Méthode élémentaire (V. Méthode américaine).
Méthode mixte 49
Mimosa 304
Mites 65
Monochlorhydrine du glycol.. 287
Mortalité à retardement 89
Morue salée 250
Moteurs 136
Moutarde (graines) 41
Myelois 70

Navet (Semences) ... **257,** 290
Noisettes 252
Noix 95, **252**
Nougats 57, **270**

Oignon (Semences) ... 257, 258
Oranges 304
Orge 41, **250, 257, 258**
Ovalisation des autoclaves .. 125
Oxyde d'éthylène 20, 36, 38, 39, 46, 48, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 62, 65, 71, 72, 75, 76, 77, 80, 85, 90, 91, 94, 95, 97, 137, **148,** 151, 155, 157, 164, 170, 181, 221, 227, **247,** 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 260, 265, 266, **287**
Oxyde de propylène 164
Oxygène (Action de la privation d' — sur les insectes) 26
Oxygène (Quantités absorbées par les insectes) 54

Pacane (Semences) 257
Pachymerus accaciae.... 22, 290
Palmiers 304
Paraffinage des autoclaves .. 124
Patate séchée 40
Pâtes alimentaires.. 58, 68, 232, **259**
Pâtes de dattes ... 40, 57, 69
Pâtes de figues 57, 69
Peaux 266
Pêcher 304
Pectinophora gossypiella 95, **265**
Phthorimaea operculella 22
Piment (Semences) ... **257,** 290
Pittosporum 304
Plants de pépinière 268

Plantes grasses 304
Plantes en motte 268
Plantes vertes 268, 304
Plaques tournantes 174, 212
Platane (Semences) .. 257 258
Plodia interpunctella 70
Poires **269,** 283, 290
Poires séchées 250
Pois 41, **257,** 290
Pois cassés 21
Pois chiches 257 258
Pois de senteur 290
Poissons séchés 21, **250**
Poivron (Semences) .. 257, 258
Pommes 290
Pommes séchées 250
Pommes de terre .. 22, **40,** 175, **263,** 290
Pommes de terre séchées .. 40
Pompes à vide .. 123, **128,** 220, 242, 254
Pompes de gonflage des joints 127
Popilia japonica 53
Poux 91
Préface 1
Produits gras 252
Prunes **269,** 283
Pruneaux 250
Pyrausta nubilalis 72

Racines 268
Radis (Semences) ... 257, 258
Raisins secs 40, **250**
Rayonne 266
Réchauffage des marchandises **177,** 235, 255
Recontamination des marchandises 66, 111, 208, 232, **273**
Récupération des fumigants. 181
Remplissage des autoclaves (Coefficient de —) 60
Rétention des fumigants par la farine 262
Rhizopertha 233
Ricin (Graines) 41
Rinçages d'air.. 47, 69, 94, 119, **248,** 255, **259**
Riz 42, 128, **250**
Robinetterie 168
Roquette (Semences) .. 168, **257, 258**

Salle des générateurs .. 217, 221, 224, 227
Salle des pompes. 217, 220, 227, 228
Sarrasin 41
Semences **256,** 283, 290
Semoule. 57, 59, 128, **255, 259**
Silvanus 233
Soie 266
Solanum 304
Son 42, 58
Sorgho 41, 257, 258
Sorption.. 48, 59, 71, 182, 260, 262, 267, 273, 283, 303
Soya (Semences).. 41, **257, 258,** 290
Stations expérimentales (Stations-Pilotes) 194
Stations à étage. 204, 231, **238**
Stations en rez-de-chaussée 213, 234
Stations fixes **9,** 15, 25, 97, 199
Stations mobiles. **185, 191,** 204
Stations à réseaux courbes.. 234
Stations à réseaux droits .. 234
Sterculia (Semences).. 257, 258
Sulfure de carbone 19, 74, 75, 90, 100, 112, 164, 186

Tabac .. 41, 58, 64, 232, **253,** 290, 291
Tabac (Semences) 257
Tableau des commandes 133 **171,** 221
Tapioca 42, 128, **255**
Techniques de vide 28, 247, 254
Teignes 57, 64, 259

Température (V. Chaleur).
Température. Influence sur l'efficacité 71
Tenebroides 64
Tetrachlorure de carbone .. 74
Textiles 266
Tissus cellulosiques 266
Tomates séchées 250
Tomates (Semences) .. **257,** 290
Traitements (Méthodes de —) 247
Traitements de nuit **249,** 251 252, 253, 256, 257, 260, 263, 265, 266, 267
Traitements rapides **249,** 250 251, 252, 253, 255, 256, 260, 263, 264, 266, 267, 268, 269
Trèfle (Semences). 41, **257 258,** 290
Tribolium 54, 64, 70, 84
Trogoderma granarium 66
Tubercules 268
Tuyauteries 168, 217, 235

Vaporiseurs de fumigants 99, 148, 164
Vaporiseurs d'anhydride carbonique 99, 138
Ventilation (V. Aération).
Vesces (Semences) 41, **257, 258**
Vestiaire 225
Viande séchée 250
Vide :
(Technique de —) .. 28, 247, 254
(Remontées de — en fin d'introduction) 34
(Action sur les insectes). 26
(Détermination du — initial en fonction de l'habitat des insectes 62
(Action sur les marchandises fermentées) 68
(Libération de fumigants sorbés) 94
(Action sur les emballages) 68
Vigne (Sarments de —) .. 103
Voies ferrées .. 119, **173, 210,** 214, 234

Wagons de chemin de fer :
(Station sur —) 190
(Alimentation des stations par —) 220
(Traitement de —) 103, 182
Wagonnets **173,** 211, 214, 233, 234, 244
Wagonnets transbordeurs (lorrys) 174, 212

Zyklon 302, 303

SECONDE THÈSE

(Propositions données par la Faculté)

ÉTUDE BIOLOGIQUE

DE

LASIODERMA SERRICORNE Fabr.

(Coléoptères Anobiidae)

Vu et approuvé :

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

M. ROYER.

Vu et permis d'imprimer :

Alger, le 22 mars 1949.

Le Recteur de l'Académie d'Alger,

GAU.

ALGER

Imprimeries la Typo-Litho et Jules Carbonel réunies
2, Rue de Normandie

Imprimeries « La Typo-Litho
et Jules Carbonel réunies »
2 Rue de Normandie - Alger